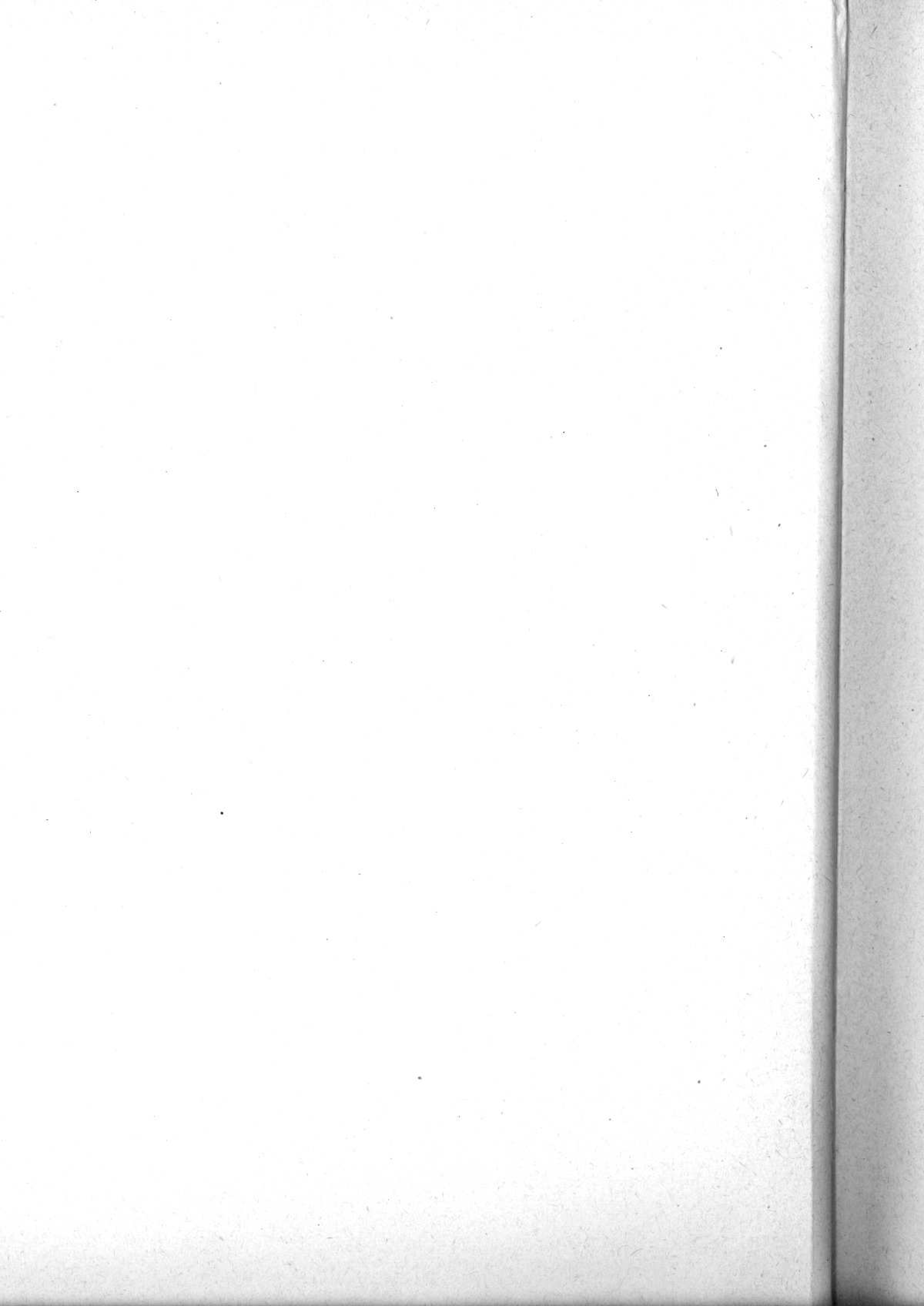




Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens

herausgegeben von

Prof. Dr. rer. nat.
Dr.-Ing. E. h. **Friedrich Gladenbeck**
Ministerialdirektor im Bundesministerium
für das Post- und Fernmeldewesen

Jahrgang 1952

Verlag für Wissenschaft und Leben Georg Heidecker
Windsheim/Mittelfranken
1953

Druck: Universitätsbuchdruckerei Junge & Sohn Erlangen
Klischees: Döss GmbH. Nürnberg; Einband: Zucker & Co. AG. Erlangen

Inhaltsübersicht

Zum Geleit

Das elektrische Fernmeldewesen hat in den letzten Jahrzehnten an Ausbreitung, Vielgestaltigkeit und Zahl der Aufgaben einen Umfang angenommen, der dem Fachmann und insbesondere dem Spezialisten die gründliche Beherrschung des Gesamtgebietes und ein laufendes Studium fremder Teilgebiete in der wünschenswerten Intensität kaum möglich macht. Das Gesamtgebiet des Fernmeldewesens umfaßt heute in mehr oder weniger enger Verflechtung fast alle Gebiete der Wissenschaft und Technik, des Betriebes und der Wirtschaft.

Einen Überblick über den gegenwärtigen Stand, die Entwicklungen und die Planungen der Teilgebiete — kurz über alle Vorgänge in seiner beruflichen Umwelt — muß aber der auf dem Fernmeldegebiet Tätige haben, will er nicht Gefahr laufen, den notwendigen organischen Zusammenhang seines Aufgabenkreises mit dem beherrschenden Gesamtgebiet zu verlieren. Hier will das Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens helfen, indem es die wesentlichen Ereignisse und Ergebnisse eines Jahres aus dem Bereich des Fernmeldewesens, sachverständig dargestellt und geordnet, festhält und zu einem Gesamtbild des jeweiligen Entwicklungsstandes zusammenfaßt.

Ich begrüße es daher von Herzen, daß der Herausgeber und der Verlag nach einer durch die Zeitverhältnisse bedingten längeren Unterbrechung nunmehr mit dem „Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1952" diese wertvolle Buchreihe fortsetzen, und ich hoffe, daß sich zu den vielen alten Freunden dieser Jahrbücher auch manche neuen Freunde gesellen mögen.





F. Gladenbeck

Zur Einführung

Vor 75 Jahren, am 26. Oktober 1877, wurde die erste Fernsprechverbindung in Europa in Betrieb genommen. Der deutsche Generalpostmeister Stephan hatte zwei Bell-Telephone, die ihm vom Chef des Haupttelegraphenamtes in London, Henry C. Fisher, zur Verfügung gestellt worden waren, zu einer Verbindung zwischen dem Generalpostamt in Berlin, Leipziger Straße, und dem Generaltelegraphenamt in der Französischen Straße zusammenschalten lassen. Persönlich nahm er die ersten Sprechversuche vor, und als diese vollauf befriedigten, sprach er zu seiner Umgebung das vielzitierte Wort: „Meine Herren, diesen Tag müssen wir uns merken." Seit diesem Geburtstag des Telephons vor 75 Jahren ist aus dem Gerät, von dem Stephan in einem Brief an den Reichskanzler Bismarck noch sagte: „es ist kaum etwas Einfacheres zu denken", ein Nachrichtenmittel geworden, das die Erde umspannt, das sich aber in seiner technischen Gestaltung vom Einfachen zum immer Komplizierteren entwickelte. Physiker und Ingenieure, Organisatoren, Werkmeister und Handwerker haben seit dem Geburtstag vor einem Dreiviertel-Jahrhundert unentwegt nach bestem Vermögen daran gearbeitet, das Instrument der Nachrichtentechnik von Jahr zu Jahr zu vervollkommnen.

Ein umfangreiches Schrifttum über die Nachrichtentechnik ist entstanden, und es ist heute kein Fachmann mehr in der Lage, allein die regelmäßig erscheinenden Fachzeitschriften des In- und Auslandes zu lesen. Es entstand daher schon vor längerer Zeit in deutschen Fachkreisen das Bedürfnis, über die Fortschritte auf dem Gebiete des Fernmeldewesens von Jahr zu Jahr in zusammenfassenden Überblicken unterrichtet zu werden. In Erfüllung eines häufig geäußerten Wunsches wurde also im Jahre 1937 mit der Herausgabe der Buchreihe: „Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens" begonnen und über fünf Jahre mit ständig wachsendem Erfolg fortgesetzt. Leider erlaubten die wachsenden Schwierigkeiten des zweiten Weltkrieges nicht, die Reihe über das Jahr 1942 hinaus fortzusetzen. Die bis dahin im Jahrbuch erschienenen wesentlichen Arbeiten, die auch heute noch dem Fachmann wertvoll sein dürften, sind im Anhang hierunter noch einmal aufgeführt.

Nun nach einer Pause von 10 Jahren erscheint das Jahrbuch wieder. Die verflossenen 10 Jahre haben auf dem Fernmeldegebiet, das auch das Rundfunk- und Fernsehen mit umfaßt, sehr viel Neues gebracht, und es

war schwer, aus der Fülle eine gute Auswahl für das vorliegende Jahrbuch zu treffen. Bei der Wahl der Themen wurde, der Tradition des Jahrbuches entsprechend, bewußt verzichtet auf die Schilderung aller Entwicklungen, die nicht reinen Friedensaufgaben dienen, so interessant sie vom technischen Standpunkt aus sein mögen, sondern es wurden Probleme dargestellt, die unmittelbar die Förderung des Fernmeldedienstes betreffen, also sich letztlich mit dem Dienst am Benutzer der Fernmeldeeinrichtungen befassen.

Welche Wünsche hat nun der Benutzer — etwa der Fernsprechteilnehmer — dem Fernmeldedienst gegenüber?

1. Er will zu tragbaren Gebühren bedient werden.
2. Er will sich nach Wahl an einen großen Teilnehmerkreis wenden können.
3. Er will sich nicht nur an einen Teilnehmerkreis mit festen Endstellen wenden können, sondern auch mit beweglichen Sprechstellen auf Kraftwagen, Binnen- und Küstenschiffen Gespräche führen.
4. Er will über die Grenzen hinweg sprechen können.
5. Er verlangt Schnelligkeit in der Herstellung der Verbindung, unveränderte Übermittelung der Nachricht, Störungsfreiheit und Betriebssicherheit.

Mit der Forderung zu 1. setzt sich die erste Arbeit auseinander mit einer Betrachtung zur Tarifgestaltung im Fernsprechverkehr. — Ursprünglich, vor der Einführung der Verstärker, hätten im Ferntarif, wenn die Selbstkosten zugrunde gelegt würden, mit wachsender Entfernung die Kosten mehr als linear ansteigen müssen, weil ja bei größerer Leitungslänge stärkere Drahtquerschnitte verwendet werden mußten. Heute, bei Einsatz der Verstärker und namentlich der Trägerfrequenztechnik, müßte sich das umgekehrte Bild ergeben, d. h. mit wachsender Entfernung müßten die Kosten weniger als linear ansteigen. Solche Gedanken, die geschichtliche Entwicklung der Tarife, Schilderung und Begründung des gegenwärtig geltenden Tarifs und Ausblicke auf künftige Änderungen bilden den Inhalt der ersten Arbeit.

Der zweite Aufsatz, der sich inhaltlich auf den Punkt 2. bezieht, gibt einen Einblick in das bisherige Wachsen der Teilnehmerzahlen und Ausblicke auf die künftige Entwicklung der Anschlußzahlen bis zu einer Sättigungsgrenze, deren voraussichtliche Lage diskutiert wird.

Der Erweiterung des Teilnehmerkreises durch Einbeziehen der beweglichen Sprechstellen (Punkt 3 der Wunschliste der Benutzer) widmet sich die nächste Arbeit, in der Technik und Betrieb der Funkanlagen eingehend geschildert werden.

Mit den technischen und betrieblichen Problemen, die bei Verbindungen über die Landesgrenzen hinaus entstehen (Punkt 4), setzt sich die vierte Abhandlung auseinander, gibt einen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte der Internationalen beratenden Ausschüsse und be-

spricht die neuesten wesentlichen Aufgaben des internationalen Fernsprech-, Telegraphen- und Funkwesens.

Die anschließenden sechs Beiträge des Jahrbuchs behandeln die Erfüllung der unter 5. genannten Wünsche der Fernmeldebenutzer und erstrecken sich im wesentlichen auf die Lösung der in Westdeutschland auftretenden technischen und betrieblichen Aufgaben. Die besonderen Gegebenheiten des westdeutschen Kabelnetzes, das ja seinen wichtigen Sternpunkt Berlin verloren hat, und die Überbrückung des ostzonalen Gebietes zwischen Westdeutschland und Berlin spielen bei den Erörterungen eine große Rolle.

Die abschließenden drei Aufsätze stammen nicht aus der Feder von Postbeamten, wie die ersten zehn, sondern sind von berufenen Fachkennern, die außerhalb der Postverwaltung stehen, geschrieben worden.

Prof. Dr. Küpfmüller wägt in seiner Arbeit „Funk und Kabel im Überseedienst" die Möglichkeiten ab, die beide Nachrichtenträger bieten, und kommt für das Kabel zu dem Ergebnis, daß die Frage der Einschränkung des Frequenzbandes sehr stark die Wirtschaftlichkeit der Überseefernsprechkabel beeinflussen wird.

Der Rundfunk ist nach dem Kriege auch technisch in die Hände der Rundfunkgesellschaften Westdeutschlands übergegangen. Prof. Dr. Nestel, der technische Direktor des Nordwestdeutschen Rundfunks, erörtert in seiner Arbeit „Rundfunkversorgung" die Möglichkeiten, die nach dem Kopenhagener Wellenplan noch offenstanden, um für Westdeutschland einwandfreie Empfangsverhältnisse zu schaffen, und schildert im einzelnen die Versorgung mit Ultrakurzwellen.

Ein wichtiges Kapitel wird zum Schluß von Dr. Schniedermann und Dr. O. Schmitt (Siemens & Halske) in ihrer Arbeit „Neue Gerätebauformen und Bauteile der Weitverkehrs-Nachrichtentechnik" behandelt. Es ist viel Scharfsinn und technisches Können aufgeboten worden, um Bauteile für serienreife Verwendung zu schaffen. Die Ergebnisse aber rechtfertigen den Einsatz durchaus: Zuverlässigkeit der Bauteile, Volumenverringerung der Fernmeldegeräte und Raumersparnis im Amtsaufbau sind der Lohn für die zielbewußten und gründlichen Arbeiten auf diesem Gebiet.

Das Jahrbuch verdient für die vorliegende Ausgabe seinen Namen nicht, denn es gibt diesmal Rechenschaft nicht nur über Gedanken und Arbeiten des abgelaufenen Jahres, sondern eines weit größeren Zeitraumes. Wir hoffen von Herzen, daß die politische Entwicklung in Europa und der Welt eine ungestörte Entwicklung friedlicher Tätigkeit zuläßt, und daß auf dem Fernmeldegebiete die Jahrbücher künftig Jahr um Jahr technische Vervollkommnungen und betriebliche Verfeinerungen melden dürfen.

Ich möchte diesen programmatischen Überblick nicht abschließen, ohne meinen Mitarbeitern zu danken, die mich in Erkenntnis der Notwendigkeit eines solchen Jahrbuchs durch sachkundige Beiträge aus ihren Sondergebieten in verständnisvoller Weise unterstützt haben.

Anhang

Aus dem Jahrbuch 1937

Die Entwicklung der Übertragungstechnik für den Nachrichtendienst über Leitungen (Lüschen und Küpfmüller)
Grundsätzliche Fragen zur Netzplanung und der Einfluß der neuzeitlichen Übertragungssysteme auf die Netzgestaltung (Mayer und Rabanus)
Gegenwartsfragen der Fernsprechtechnik (Höpfner)
Betriebsweisen des Ferndienstes und die damit zusammenhängenden Fragen der Netzgestaltung (Raettig)
Wege zur erhöhten Ausbreitung und Ausnutzung des Fernsprechers (Pietsch)
Die Berücksichtigung der Übertragungseigenschaften bei der Fernkabelauslegung (Herz und Vollmeyer)
Anwendung der Fernschreibtechnik im In- und Ausland (Storch)
Die Vorbereitung und Durchführung von Rundfunkübertragungen unter Zuhilfenahme von Zubringerleitungen (Ribbeck)
Schwundvermindernde Antennen und ihr Einfluß auf die Rundfunkversorgung (Gerwig)
Der gegenwärtige Stand und die Anwendungsmöglichkeiten des Gleichwellenfunks (Vilbig)
Probleme des Rundfunk-Empfangs (Gerth)
Die Technik des Hochfrequenz-Drahtfunks (Gladenbeck u. Waldow)
Breitbandkabel (Wuckel)

Aus dem Jahrbuch 1938

Die Beschleunigung des Fernsprechdienstes und ihre Bedeutung für die technische Entwicklung (Lüschen und Küpfmüller)
Neuere Entwicklung in der Fernsprechtechnik (Gladenbeck)
Die künftige Entwicklung des Fernsprechweitverkehrs vom Blickpunkt des CCIF aus gesehen (Bornemann)
Stand und Ziel der Entwicklung von Fernsprechmikrophonen und Telephonen (Janovsky und Panzerbieter)
Fehlerortung an fremdgestörten Schwachstromkabeln (Weyß)
Die Wählertechnik im Ferndienst und die Tonfrequenzfernwahl (Langer)
Stromversorgungsanlagen in Fernsprechvermittlungsstellen (Pietsch)
Betrachtungen über den volkswirtschaftlichen Aufwand und Nutzen bei Einführung des Drahtfunks (Waldow)
Fernsehsprechen und Fernsehrundfunk (Gehrts)
Funkfernsprechverbindungen mit Übersee unter besonderer Berücksichtigung der in Vorbereitung befindlichen Linie Berlin—New York (Hahn und Zerbel)
Die verschiedenen Arten der telegraphischen Zeichenübermittlung und ihre Anwendung im In- und Auslandsdienst (Hering und Stock)

Aus dem Jahrbuch 1939

Die vorbereitenden Arbeiten der Deutschen Reichspost zur Freigabe des Fernsehrundfunks (Gladenbeck)
Über den Aufbau von Großbildanlagen nach dem Zellenrasterverfahren (Karolus und Hasel)
Fernseh-Großbilderzeugung mit Braunscher Röhre (Möller und v. Felgel)
Die Bildspeicherung und einige Möglichkeiten ihrer praktischen Anwendung (Krawinkel)

Ergebnisse und Aussichten zur Zusammendrängung des Frequenzbandes (K. O. Schmidt)
Die deutschen Vorkehrungen zur Erweiterung des Fernsprechfrequenzbandes (Bornemann)
Neue Gesichtspunkte für eine Unterteilung der Fernsprechhauptanschlüsse (Pietsch)
Über die Wahl der Trägerfrequenzen für den Drahtfunk (Waldow und Buchmann)
Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit des Funk-Fernsprechdienstes (Hahn)
Stand der Dezimeterwellenphysik (Groos)

Aus dem Jahrbuch 1940

Die Restdämpfung von Fernleitungen (Küpfmüller)
Die neuen Fernkabelformen der Deutschen Reichspost seit 1933 (Herz und Burmeister)
Freileitungen für mehrere Trägerfrequenzsysteme (K. O. Schmidt)
Gedanken zur Gestaltung großer Ortsnetze (Raettig)
Betrachtungen zur Rundfunkversorgung in techn. Hinsicht nach dem Krieg (Gladenbeck)
Über Modulation und ihre Anwendung in der Nachrichtentechnik (Prokott)
Die Übertragung von Funkbildern (Hudec)
Geschwindigkeitsgesteuerte Röhren (Groos)
Die Bedeutung von Ausbreitungsmessungen für die Deutsche Reichspost (Vilbig, Beckmann, Menzel)
Die Steigerung der Übertragungsgüte im Funksprechverkehr Berlin—New York (Mayer, Hölzler)
Gedanken zur Fernsehausbreitung (Schröter)
Das farbige Fernsehen (Otterbein)
Formengesetze der Fernseh-Sendung (Engler)
Zur Frage der „Tageslichtdurchleuchtung“: Die Verbesserung der medizinischen Röntgendurchleuchtung mit Mitteln der Fernsehtechnik (Lorenz)
Die regelmäßig erscheinende deutsche Fernmeldeliteratur (Waldow)

Aus dem Jahrbuch 1941/42

Die Grundlagen für die Gestaltung großer Fernsprechnetze (Nagel)
Querschnitt durch das Schrifttum über Telegraphen- und Fernsprechtechnik (Buttler)
Technische und betriebliche Neuerungen im Fernmeldewesen der DRP (Hering)
Die Beeinträchtigung der Verständlichkeit im Fernsprechverkehr durch Geräusche (K. O. Schmidt)
Die Empfangslautstärke beim Fernsprechen und ihre Einhaltung bei der Netzplanung (Braun)
Die Verfahren des Nebensprechausgleichs in vielpaarigen Fernsprechkabeln (H. Schmid)
Über die Zahl der Sendefolgen im hochfrequenten Drahtfunk (Waldow)

O. Kirchner

Tarifgestaltung im Fernsprechfernverkehr

Wir haben uns daran gewöhnt, im Fernsprechwesen zwischen Orts- und Fernverkehr zu unterscheiden. Das hat technische und betriebliche Gründe, denen das Tarifwesen zu folgen hat. Unverkennbar werden aber durch die technische Weiterentwicklung die Grenzen zwischen den Betriebsformen Orts- und Fernverkehr mehr und mehr verwischt. Der Teilnehmer, der jetzt innerhalb eines Ortsnetzes seinen Partner selbst wählt, wird in den nächsten Jahren dies auch im Nachbarortsverkehr, im Nahverkehr und nach und nach sogar im Weitverkehr tun können. Damit gewinnt der gesamte Fernsprechverkehr allmählich eine einheitliche Betriebsform und die Frage ist berechtigt, wie weit das auf das Tarifwesen zurückwirkt. Der Unterschied besteht dann letzten Endes nur in der richtigen Erfassung der gestaffelten Gebühren. Aber es wird sich zeigen, wenn man die Kosten analysiert, daß diese im Verkehr innerhalb eines Ortsnetzes und im Verkehr von Ort zu Ort wesensmäßige Unterschiede aufweisen, die es auch später noch rechtfertigen, von einem Fernverkehrstarif und einem Ortsverkehrstarif zu reden. Um die gegenwärtige Gestaltung des Tarifs und die Aufgabe seiner künftigen Neugestaltung recht zu verstehen, ist es vorteilhaft, zuerst einen Blick auf die geschichtliche Entwicklung des Tarifs zu werfen, denn bei einem Organismus, wie ihn das Fernsprechwesen darstellt, bleiben immer die Spuren des Werdens sichtbar.

I. Die geschichtliche Entwicklung des Fernverkehrstarifs

Wenn man es genau nimmt, ist das Fernsprechen von Ort zu Ort in Deutschland früher ausgeübt worden als innerhalb eines Ortes, allerdings zunächst nur zur Übermittlung von Telegrammen. Generalpostmeister Stephan ließ schon im Jahre 1877 die Telegraphenlinien für diesen Zweck benutzen, soweit die Verständigung reichte. Zum Fernver-

kehr für die Öffentlichkeit ist es schon bald nach der Errichtung von Ortsfernsprechnetzen gekommen. Da mit den technischen Mitteln jener Zeit nur Entfernungen bis etwa 75 km überbrückt werden konnten, blieb der Fernverkehr auf die nähere Umgebung der Ortsnetze beschränkt. Daraus erklärt sich auch die erste Tarifform für den Fernverkehr. In den Ortsnetzen galt ein Pauschtarif, der gegen Zahlung einer Jahresgebühr das beliebige Fernsprechen gestattete. So wurde auch für das erste Fernsprechen von Ort zu Ort die Pauschalabgeltung zu Grunde gelegt.

Die Entwicklung des Fernverkehrs folgte dem natürlichen Verkehrsbedürfnis, das am stärksten war zwischen benachbarten großen Städten (z. B. Barmen und Elberfeld, Mannheim und Ludwigshafen), zwischen Großstädten und ihren Vororten und endlich zwischen Orten in wirtschaftlich aufgeschlossenen Bezirken. Es lag daher nahe, die Ortsnetze entsprechend zu Nachbarortsnetzen, Vorortsnetzen und Bezirksnetzen auszudehnen und diese erweiterten Netze tariflich wie Ortsnetze zu behandeln. Zu den Ortspauschgebühren, die ursprünglich 200 Mark, später 150 Mark jährlich betrugen, waren von den Teilnehmern, die sich am Fernverkehr zu beteiligen wünschten, Jahreszuschläge zu zahlen. Sie machten für Vorortsnetze anfänglich 50 Mark, für Bezirksnetze 200 und 250 Mark aus. Es ist offensichtlich, daß bei dieser Tarifgestaltung eine Beziehung zu den Gestehungskosten der Gespräche nicht bestand. Bei jeder Neueinführung eines Verkehrsmittels ist zu beobachten, daß die Absicht, einen Anreiz zur Beteiligung durch einen einfachen und günstigen Tarif zu bieten, das Bestreben zu einer genauen Kostendeckung überwiegt. Erst mit der fortschreitenden Benutzung und dem Zwang, die Anlagen entsprechend der gesteigerten Inanspruchnahme auszubauen, macht sich die Verpflichtung geltend, den Tarif der Kostendeckung besser anzupassen und ihn mithin zu verfeinern. Bereits im Jahre 1885 wurde der Pauschgebührentarif im Fernverkehr aufgehoben. Es hatte sich gezeigt, daß bei Ausdehnung der Entfernungen der Tarif keine vernünftige Grundlage mehr bot. Es ist bekannt, daß mit zunehmender Entfernung der Benutzerkreis abnimmt. Die Gesamtlasten verteilen sich auf wenige Schultern, der Anreiz zur Beteiligung wird geringer. Auch betrieblich entstanden Schwierigkeiten, weil die unterschiedlichen Berechtigungen zur Teilnahme am Fernverkehr auseinandergehalten werden mußten. Alles drängte daher auf einen Übergang zur Tarifierung des einzelnen Gesprächs, weil dadurch die Mängel behoben wurden und zudem das wirkliche Verkehrsbedürfnis am besten befriedigt und neu geweckt werden konnte. Begreiflicherweise mußte jetzt ein neues Tarifmerkmal ins Auge gefaßt werden: die Dauer des Gesprächs, die bei dem Pauschgebührentarif nicht beachtet zu werden brauchte. Als Tarifeinheit wurden 5 Minuten festgesetzt. Dagegen machte sich bei dem noch wenig entwickelten Fernverkehr kein Bedürfnis nach einer Entfernungsstaffel geltend.

Die Gebühr für ein Ferngespräch von 5 Minuten betrug allgemein 1 Mark. Die tarifliche Einheit für die Dauer des Gesprächs wurde im

Jahre 1889 von 5 auf 3 Minuten herabgesetzt. Aber auch der Verzicht auf die Entfernungsstaffel konnte nicht lange aufrecht erhalten werden. Die wesentlich stärkere Dichte des Fernverkehrs in den nahen Beziehungen zwang dazu, diese aus dem Einheitstarif herauszunehmen, und gab andererseits die Möglichkeit, die Gebühr für sie zu ermäßigen. So entstand 1892 eine Nahstufe bis zu 30 km mit einer Gebühr von 0,50 Mark; 1897 wurde die Entfernung auf 50 km ausgedehnt und die Gebühr auf 0,25 Mark herabgesetzt, was auf eine schon sehr beträchtliche Verkehrsmenge in diesem Bereich schließen läßt.

Auf geringe Abweichungen der Entwicklung in den selbständigen Postverwaltungen in Bayern und Württemberg braucht hier nicht näher eingegangen zu werden; sie folgte im wesentlichen der gleichen Richtung.

Die Elemente des heutigen Ferngesprächtarifs waren somit geschaffen: Die Berücksichtigung der Dauer und der überbrückten Entfernung bei jedem einzelnen Gespräch. Die Pauschgebühr blieb nur in einigen Bezirksnetzen erhalten, seit der Jahrhundertwende verbessert durch eine Staffelung nach der Zahl der stichprobenweise festgestellten Gespräche. Sie wurde im Jahre 1921 endgültig aufgehoben. In der Fernsprechgebührenordnung von 1899, die am 1. April 1900 in Kraft trat, ist eine weitere Verfeinerung der Entfernungsstufen zu erkennen. Für den Nahverkehr wurden 3 Stufen, bis 25 km zu einer Gebühr von 20 Pfg., bis 50 km zu 25 Pfg. und bis 100 km zu 50 Pfg., eingeführt. Die Gebühr für Entfernungen darüber hinaus blieb bei 1 Mark erhalten, nur auf Entfernungen von mehr als 500 km wurde sie auf 1,50 Mark erhöht. Bei Würdigung dieses günstigen Tarifs darf nicht vergessen werden, daß der Verkehr auf weite Entfernungen sehr beschränkt blieb, weil die Verständigung wenig befriedigend war. Die Beziehungen wurden im einzelnen nach der Verständigungsmöglichkeit zugelassen. Erst seit 1921 besteht die unbeschränkte Sprechmöglichkeit im Fernverkehr.

Das Gefüge des Tarifs von 1899 ist bis zur Ablösung durch das Fernsprechgebührengesetz vom 11. Juli 1921 in Kraft geblieben. Mit diesem neuen Gesetz wurden weitere Tarifverfeinerungen eingeführt, die sich auf beide Tarifelemente erstreckten. Bei der Entfernungsstaffel wurde die erste Zone durch Einfügung einer Zone bis 15 km nochmals unterteilt, über 100 km wurden die Zonen von 100 zu 100 km gestaffelt. Bei der Gesprächsdauer wurde die Einheit für die Gesprächsverlängerung, die bis zu dem erwähnten Zeitpunkt auch 3 Minuten betrug, auf 1 Minute herabgesetzt, während die Mindestdauer bei 3 Minuten verblieb. Diese Grundlage hat sich im wesentlichen bis heute erhalten. Nur im Jahre 1940 wurde die Nahstufe abermals geteilt und durch Einfügung einer Zone bis 10 km ein besserer Übergang von der Ortsgebühr zur ersten Ferngebühr geschaffen.

Neben den gewöhnlichen Gesprächen haben sich aus dem Bedürfnis heraus allmählich besondere Gesprächsarten im Fernverkehr eingeführt. Sie sollen hier nur insofern betrachtet werden, als ihre tarifliche Entwicklung bemerkenswert ist. So sind zunächst die dringenden

Gespräche zu erwähnen. Sie erwiesen sich schon 1889 als notwendig, um den Teilnehmern die Möglichkeit zu geben, in eiligen Fällen die unvermeidlichen Wartezeiten im Fernverkehr zu umgehen. Die Gebühr wurde auf das Dreifache der für gewöhnliche Gespräche festgesetzt. Diese Gebührenfestsetzung ist offensichtlich ein reiner Akt der Betriebsregelung und hat weder mit den Kosten noch mit der Wertbemessung etwas zu tun. Die Gebühr mußte so hoch sein, um eine übermäßige Inanspruchnahme zu vermeiden. Sie durfte aber nicht über eine gewisse Höhe hinausgehen, da sie dann den Anreiz, dringende Ferngespräche zu führen, ausgeschaltet hätte. Die Gebühr hat anscheinend richtig gelegen, bis die übermäßige Benutzung der ungenügenden Fernverkehrseinrichtungen nach dem ersten Weltkriege, besonders in der Inflationszeit, zu einem völligen Versagen führte. Dies gab den Anlaß, noch eine neue Dringlichkeitsstufe in der Form der Blitzgespräche zu schaffen, für die die Gebühr auf das Zehnfache festgesetzt wurde. Diese Gesprächsart hat sich bis heute mit dem gleichen Tarif erhalten. Die Gebühr für ein dringendes Ferngespräch konnte 1931 auf das Doppelte der Gebühr für ein gewöhnliches Ferngespräch ermäßigt werden, weil die allgemeine Verbesserung des Fernverkehrs nicht mehr befürchten ließ, daß dringende Gespräche in unzulässiger Weise zunehmen würden.

Beachtung verdient die Gebührenbemessung für Ferngespräche in verkehrsschwacher Zeit, eine tarifliche Aufgabe, die sich in den 20er Jahren ergab, als diese Verkehrserleichterung nach ausländischen Vorbildern eingeführt wurde. Eine ausreichende Ermäßigung sollte dazu anreizen, Ferngespräche statt in der verkehrsstarken Zeit in den Abend- und Nachtstunden zu führen. Durch eine mit solcher tariflichen Maßnahme erzielte Verlagerung des Verkehrs können Leitungsvermehrungen für die Hauptverkehrsstunden erspart werden, wogegen in der übrigen Zeit der Verkehrszuwachs ohne Kostenerhöhung noch aufgenommen werden kann, wenn er ein bestimmtes Maß nicht überschreitet. Die Gebührenermäßigung beruht also auf einem Auswägen dieser beiden Folgerungen. Man hat sie mit einem Drittel als richtig angenommen und eingeführt. In der Kriegszeit mußte die Zulassung der verbilligten Gespräche aus betrieblichen Gründen zurückgenommen werden. Die Bundespost ist nur zögernd an ihre Wiedereinführung herangegangen, weil die früheren Voraussetzungen noch nicht wieder erfüllt sind. Sie hat bei der Wiederzulassung im Jahre 1950 folgende Beschränkungen für notwendig gehalten: Zulassung erst ab 100 km und nur in bestimmten Abendstunden, wegen der Personalschwierigkeiten nicht in der Nachtzeit; Ermäßigung nur 20 v. H. Die bisherige Entwicklung rechtfertigt es jedoch nicht, die Beschränkungen zu mildern. Eine erwartete Verkehrsverlagerung oder gar Verkehrszunahme ist nicht eingetreten.

Die Entwicklung des Fernbetriebs nach dem ersten Weltkrieg stellte der Tarifgestaltung eine weitere Aufgabe. Noch war es, abgesehen von den engsten Nahbeziehungen, nicht möglich, den Fernver-

kehr ohne mehr oder minder große Wartezeiten abzuwickeln. Die Kriegsfolgen verschärften begreiflicherweise den Leitungsmangel und damit die Güte der Verkehrsabwicklung. So konnte sich die Postverwaltung nicht dem Wunsche entziehen, für starke Verkehrsbeziehungen zwischen zwei Teilnehmern an verschiedenen Orten besondere Leitungen zur Verfügung zu stellen, die ausschließlich den Benutzern dienten. Die Bezeichnung „Ausnahmequerverbindungen" für diese Leitungen deutet schon an, daß sie nur in besonderen Fällen überlassen werden; es mußte „ein dringendes Bedürfnis" nachgewiesen werden. Die zögernde Haltung der Postverwaltung ist verständlich, weil die Leitungen aus dem Leitungsbestand des öffentlichen Netzes herausgenommen werden mußten; dies trug notwendigerweise zur Verschlechterung des öffentlichen Verkehrs bei, denn ein Überfluß an Leitungen bestand gerade in den gesuchten Verkehrsbeziehungen am wenigsten. Diese Haltung drückt sich in der Tarifform aus, die unverkennbar einen prohibitiven Charakter trägt. In der Voraussetzung, daß in den meisten Fällen ein Ersatz für die abgegebene Leitung beschafft werden mußte, wurde ein einmaliger Kostenzuschuß erhoben, der bei großen Entfernungen ganz beträchtliche Höhen erreichte, z. B. bei einer Entfernung von 250 km die Summe von 125 000 Mark (nach dem Fernsprechgebührengesetz von 1921; nach dem heutigen Tarif 187 500 DM). Es konnten sich daher nur kapitalkräftige Teilnehmer solche Leitungen zur ausschließlichen Eigenbenutzung erlauben. Daß häufiger Gebrauch davon gemacht wurde, zeigt, wie hoch es in vielen Fällen gewertet wird, wenn die gewünschten Fernverbindungen sofort hergestellt werden können. Es liegt auf der Hand, daß die Forderung nach eigenen Leitungen erst dann grundsätzlich abgewiesen werden kann, wenn der Kampf gegen die Wartezeiten im öffentlichen Netz erfolgreich beendet ist. Die geldliche Gegenleistung wurde noch durch eine nicht unerhebliche laufende Gebühr erhöht, die sich aus zwei Teilen zusammensetzte: der Leitungsgebühr von monatlich 0,50 Mark für je 100 m Leitung, gemessen in der Luftlinie, und der sogenannten Ausfallgebühr, die in denselben Entfernungsstufen wie die Gesprächsgebühr gestaffelt war und monatliche Beträge von 20 bis 1000 Mark (bei 200 km) erreichte, darüber hinaus um 200 Mark für je 100 km stieg. Die Gebühren sind heute 50 v. H. höher. Die Leitungsgebühr brauchte im wesentlichen nur die Instandhaltung abzudecken, da der größere Teil der Herstellungskosten durch den Kostenzuschuß abgegolten war. Die Ausfallgebühr ist in ihrem Wesen nur verständlich, wenn man von der Aufgabe ausgeht, die der Staat der Post zugewiesen hat: der Wahrung des Nachrichtenmonopols. Jeder außerhalb des öffentlichen Netzes abgewickelte Fernverkehr beeinträchtigt diese Aufgabe; daraus erklärt sich die Forderung nach einer Ausgleichsgebühr.

Die Dreiteilung des Tarifs für die Ausnahmequerverbindungen hat sich bis heute erhalten, allerdings ist in neuester Zeit eine Wandlung eingetreten, die sich zunächst nur auf Benutzerkreise erstreckt, die einen außergewöhnlich hohen Bedarf an eigenen Fernverkehrsleitungen haben (mehr als 100 Leitungen). Hierzu gehören zur Zeit die alliierten

Streitkräfte und die Polizei. Der Kostenzuschuß hat sich bei diesen Großteilnehmern als lästig erwiesen, nicht sowohl wegen seiner Höhe, sondern mehr wegen der Schwierigkeiten bei der Anrechnung oder Rückrechnung, wenn Leitungsveränderungen eintreten. Ferner wurde aus verwaltungsmäßigen Gründen eine Vereinfachung des Tarifs angestrebt. Bei einem Großbestand an Leitungen gleichen sich die Unterschiede aus, die beim Kostenzuschuß und bei der Ausfallgebühr hinsichtlich der Entfernungsstaffeln bestehen. Es kann, ohne Zumutung für beide Seiten, mit einer kilometrischen Mittelgebühr gerechnet werden. Für solche Großteilnehmer ist daher die dreigeteilte Gebühr durch eine einheitliche Gebühr von 1,80 DM monatlich für je 100 m Leitung ersetzt worden, die für alle Entfernungsstufen gleichmäßig gilt.

Der geschichtliche Überblick wäre unvollständig, wenn nicht ein kurzer Blick auf den Tarif für Privatfernmeldeanlagen und seine Entwicklung geworfen würde, soweit der Fernverkehr betroffen wird. Die Privatfernmeldeanlagen sind eine Eigentümlichkeit des deutschen Nachrichtenwesens und bilden eine zäh verteidigte Burg. Sie haben ihre gesetzliche Grundlage im Telegraphengesetz von 1891 gefunden, das durch das noch heute geltende Fernmeldeanlagengesetz von 1928 ersetzt ist. Das Recht, private Fernmeldeanlagen, d. h. Anlagen außerhalb des öffentlichen Netzes, zu betreiben, war ursprünglich den Länderbehörden und den Transportanstalten verliehen und ist später mit einer gewissen Einschränkung auf die gemeinnützigen Elektrizitätsunternehmungen ausgedehnt worden. Daneben kann die Bundespost das Recht von Fall zu Fall verleihen. Es ist nicht beabsichtigt, im Rahmen dieses Aufsatzes auf die schwierigen Fragen des Verhältnisses dieser Privatfernmeldeanlagen zum öffentlichen Netz einzugehen. Tariflich ist aber von Bedeutung, daß in den genehmigungsfreien Privatfernmeldeanlagen ein starker Teil des Fernverkehrs abgewickelt wird, ohne daß die Post einen finanziellen Ausgleich erhält. Das liegt im Wesen dieser Anlagen. Der Kreis der Berechtigten ist zwar durch das Gesetz genau begrenzt. Aber es ist unverkennbar, daß ein immer größerer Teil des Fernverkehrs durch diese Anlagen dem öffentlichen Netz entzogen wird, was nicht ohne Einfluß auf die gesamte Tarifpolitik bleiben kann.

Auch bei den genehmigungspflichtigen Anlagen war das Entgelt, das die Post für den Verzicht auf die alleinige Ausübung des Fernmelderechts erhielt, von Anfang an sehr gering bemessen. Es bestand nur in den Genehmigungsgebühren, die für jedes Grundstück erhoben wurden, auf dem sich eine oder mehrere Betriebsstellen der Privatfernmeldeanlage befanden. Diese Grundstücksgebühren waren nach der Entfernung gestaffelt und schwankten zwischen 3,90 und 19,50 Mark (bei 200 km) und stiegen für je weitere 100 km um 3,90 Mark. Es wurde die weiteste Entfernung zwischen zwei Betriebsstellen der Privatfernmeldeanlage zugrunde gelegt und hiernach die Gebühr für alle Grundstücke erhoben. Die Staffel ist erhalten geblieben, nur sind die heutigen Sätze um 50 v. H. höher.

Bemerkenswert ist die Bestimmung, daß die Bundespost für geneh-

migungsfreie und genehmigungspflichtige Privatfernmeldeanlagen aus ihrem Bestand Fernleitungen zur Verfügung stellen kann, d. s. die sogenannten Stromwege. Obwohl diese Stromwege mit den Ausnahmequerverbindungen zu vergleichen sind, haben sie tariflich von Anfang an eine viel günstigere Behandlung erfahren. Es war für ihre Überlassung kein Kostenzuschuß, sondern nur eine laufende Gebühr zu entrichten, die nach der Art der technischen Beschaffenheit der bereitgestellten Verbindung gestaffelt war. Die Entfernung wurde nach der wirklichen Leitungslänge, nicht nach der Luftlinie gemessen und berechnet. Die Gebühren betrugen 5 bis 10 Mark je km Leitung. Aus diesen Tarifbestimmungen ist schon zu erkennen, daß im Gegensatz zum Tarif für die Ausnahmequerverbindungen hier vorwiegend die Selbstkosten berücksichtigt sind. So bestand ein tariflicher Widerstreit zwischen den beiden Überlassungsarten, der erst in jüngster Zeit einen gewissen Ausgleich gefunden hat. Mit Rücksicht auf verwaltungsmäßige Vorteile ist der Tarif auf Luftlinienentfernung umgestellt und nur noch nach der überbrückten Entfernung, nicht mehr nach der verwendeten Leitungsart gestaffelt. Verglichen mit dem oben erwähnten Tarif für Großteilnehmer ist eine weitgehende Anpassung zu erkennen.

Die Tarifbestimmungen für Privatfernmeldeanlagen, die früher als Auflagen verwaltungsseitig festgesetzt wurden, haben in der Verordnung über Privatfernmeldeanlagen vom 1. Dezember 1942 eine neue rechtliche Grundlage gefunden. Die Verordnung gilt noch heute.

Der Überblick über die Entwicklung der Fernverkehrstarife in Deutschland erlaubt es, den Grundrichtungen dieser Entwicklung nachzugehen. Sie werden besser als theoretische Überlegungen erweisen, welche Triebkräfte bei der Gestaltung der Fernverkehrstarife wirksam sind. Es springt sofort in die Augen, daß von einem reinen Selbstkostentarif im ganzen Verlauf nicht gesprochen werden kann. Zu Beginn der Entwicklung war eine Beziehung zu dieser Grundlage begreiflicherweise nicht zu verwirklichen. Die Flucht in die Pauschgebühr war der vernünftigste Anfang, hat aber die Entwicklung nachhaltig belastet. Bei dem Übergang zu einem den Tatsachen besser angepaßten und notwendigerweise dadurch verfeinerten Tarif ist aber offensichtlich bereits ein starker Druck von der Seite der Kostendeckung ausgegangen, doch vollzog sich die Angleichung zunächst nur in grober Annäherung. Es ist bezeichnend, daß die Weiterentwicklung des Tarifs, wahrscheinlich weil man die Mängel des Pauschtarifs grundsätzlich erkannt hatte, mit Sicherheit auf die grundlegenden Kostenelemente des Ferntarifs, Dauer und Entfernung, gestoßen ist.

Allerdings ist bei der groben Form der Anpassung und solange noch keine genaue Selbstkostenermittlung möglich war, nicht zu unterscheiden, in welchem Maße ein anderer Faktor mitgewirkt hat: die Beurteilung des Wertes, den die Leistung für den Benutzer darstellt und der nicht immer mit den Selbstkosten übereinstimmt. Wenn ursprünglich die Gebühr für ein Ferngspräch einheitlich eine Mark betrug, später aber eine Staffelung nach Entfernungsstufen, zunächst nur im

Nahverkehr, dann aber auch im Weitverkehr eintrat, so ist hier auch ein Einfluß von der Benutzerseite erkennbar. Für den Benutzer war der Wert einer Nahverbindung augenscheinlich geringer als für eine Weitverbindung und er drängte auf eine Verbilligung des Nahverkehrs. Aber erst als das Anwachsen des Nahverkehrs kostenmäßig eine Gebührenerleichterung zuließ, wurde sie gewährt. Ein weiterer Grundsatz läßt sich aus der Nichtunterteilung der Entfernungsstufen über 100 km herauslesen. Der Bereich schwachen Verkehrs wird nicht wesentlich ins Auge gefaßt, er ist weder für die Verwaltung als Einnahmequelle noch für den Benutzerkreis wertmäßig von Bedeutung und wird tariflich gleichgültig behandelt. Erst in dem Maße, wie der Verkehr sich dank technischer Verbesserung entwickelt, rückt der Bereich der tariflichen Gleichgültigkeit hinaus, zunächst auf 500 km, dann auf 600 km.

Eine gleichlaufende Entwicklung ist bei dem Tarifelement Gesprächsdauer zu beobachten. Zuerst werden Einheiten von je 5 Minuten, später von je 3 Minuten festgesetzt. Als man erkennt, daß in der ersten Dreiminuteneinheit bereits eine genügende Abdeckung der Grundkosten enthalten ist, wird die Verlängerungseinheit auf 1 Minute herabgesetzt.

Der Richtung auf die Tarifverfeinerung tritt, wenn sie sich zu stark ausgewirkt hat, eine andere Richtung entgegen: das natürliche Bestreben nach Einfachheit. Das macht sich sowohl verwaltungsseitig bei der Erfassung der Gebührenmerkmale und ihrer weiteren Behandlung bis zur Verrechnung, als auch auf der Benutzerseite in der Abneigung gegen ein verwickeltes Gebührengebilde geltend. Weil die Erfassung von Dauer und Entfernung keine Schwierigkeiten bot und die Berechnung aus den beiden Faktoren für den Benutzer einleuchtend ist, trat beim Gesprächstarif diese Bewegung weniger in die Erscheinung. Dagegen hat sich diese Tendenz im Tarif für überlassene Leitungen ausgewirkt, wie es oben bereits geschildert ist.

Im allgemeinen wirken sich also zwei Bewegungsrichtungen entgegen: die bessere Anpassung an die Selbstkosten führt zu einer verfeinerten Unterteilung des Tarifs; das Streben nach Vereinfachung wirkt umgekehrt. Parallel dazu werden die Kostenanpassungen durch eine Wertbeurteilung berichtigt. Die ständigen Spannungen, die somit in der Tarifgestaltung wirksam bleiben, bilden die beste Gewähr für eine fortwährende Verbesserung.

II. Analyse des gegenwärtigen Ferntarifs

1. Der Gesprächstarif

Zu einer kritischen Prüfung sind zwei Fragen zu stellen und zu beantworten:

1. Entspricht der Ferngesprächstarif in seiner Gestaltung noch der heutigen Sachlage?
2. Stehen die einzelnen Gebührensätze mit den Selbstkosten in genügender Übereinstimmung?

Der gegenwärtige Ferngesprächstarif hat das folgende Gesicht:

Gebühr für ein gewöhnliches Gespräch von 3 Minuten Dauer in DM

Nahzone (bis 10 km)	0,30
I. Fernzone (mehr als 10 bis 15 km) . .	0,45
II. » (» » 15 » 25 ») . .	0,60
III. » (» » 25 » 50 ») . .	0,90
IV. » (» » 50 » 75 ») . .	1,35
V. » (» » 75 » 100 ») . .	1,80
VI. » (» » 100 » 200 ») . .	2,25
XII. » (» » 200 » 300 ») . .	2,70
VIII. » (» » 300 » 400 ») . .	3,15
IX. » (» » 400 » 500 ») . .	3,60
X. » (» » 500 » 600 ») . .	4,05
XI. » (» » 600 km)	4,50

Gemäß dem Gesetz seiner Entwicklung stellt sich der Gesprächstarif noch heute als ausgesprochener Zeit-Zonen-Tarif dar. Die Gebühr wird nach der Zeitdauer des Gesprächs und nach der überbrückten Entfernung von Gesprächsort zu Gesprächsort bemessen. Die natürliche Richtigkeit dieser beiden Berechnungsfaktoren wird von den Benutzern des Fernverkehrs wohl allgemein verstanden und anerkannt, so daß es keiner Prüfung bedarf, ob etwa bessere Tarifelemente zu finden wären. Jedoch ist es mit einer solchen grundsätzlichen Richtung nicht getan. Es kommt wesentlich darauf an, ob die Beziehungen zwischen den Kosten und den Faktoren Zeit und Entfernung im Tarif genau genug getroffen sind. Zudem muß geklärt werden, ob tatsächlich alle Ausgabeposten auf Zeit und Entfernung zu beziehen sind oder welche als feste Kosten oder Grundkosten von ihnen unabhängig bleiben.

Um zunächst die letztere Frage vorzunehmen, so ist nicht schwer zu erkennen, daß solche Grundkosten vorhanden sind. Zwar lassen sich sowohl die technischen Kosten als auch die Leitungskosten prozentual zu ihrer Inanspruchnahme durch eine Gesprächsverbindung bestimmen, aber die Gebühr wird nicht nach der Zeit der Inanspruchnahme, sondern nach der reinen Gesprächszeit des zustandegekommenen Gesprächs bemessen. Die Vorbereitungszeit zu Beginn des Gesprächs und die Abbauzeit der Verbindung am Schluß werden nicht erfaßt. Diese bei der Gebührenmessung nicht erfaßten Zeiten sind jedoch ziemlich konstant, mag das Gespräch von kurzer oder von langer Dauer sein. Ihr Aufwand ist mithin unabhängig von der Gesprächsdauer, während zu der überbrückten Entfernung eine gewisse Abhängigkeit besteht. Ob noch weitere Kostenelemente zu diesen Grundkosten gehören, braucht im einzelnen hier nicht untersucht zu werden, weil es jetzt nur auf eine quantitative Klärung ankommt.

Wie werden die Grundkosten im gegenwärtigen Tarif abgegolten? Dies geschieht durch die tarifliche Bestimmung einer Mindestgebühr von 3 Minuten. Dadurch wird verhindert, daß die Grundkosten bei einem kurzen Gespräch ungedeckt bleiben. Aber bei einem Gespräch,

das die 3 Minuten ausfüllt oder noch überschreitet, sind theoretisch die Grundkosten nicht erfaßt, denn es fehlt der Zeitansatz, der über die reine Gesprächsdauer hinausgeht. Wollte man einwenden, daß in der Gesprächsgebühr je Minute ein Anteil für die Grundkosten einkalkuliert ist, so würde dieser Ansatz ebenso wenig das Richtige treffen, weil er sich proportional mit der Dauer und der Entfernung erhöhte. Die richtige Erfassung läge zweifellos in einem festen Betrag (u. U. gestaffelt nach den Entfernungszonen), der vorweg für jedes Gespräch anzurechnen wäre. Es ist klar, daß dies tariflich eine schlechte Lösung sein würde. Es sollte aber hier nur gezeigt werden, daß die gegenwärtige Lösung zwar eine brauchbare, aber keine genaue ist.

Sieht man von der Mindestdauer ab, so steht im Tarif die Ferngebühr zur Gesprächsdauer in geradliniger Abhängigkeit. Eine genauere Kostenuntersuchung dürfte kaum ergeben, daß diese einfache Beziehung ungenügend wäre und etwa mit wachsender Dauer eine Ermäßigung eintreten müßte. Wohlverstanden müssen die Grundkosten bei dieser Überlegung ausgeschaltet bleiben. Wird an der einfachen Zeitbeziehung festgehalten, so bleibt zu prüfen, ob die Intervalle von einer Minute, nach denen die Gebühr bemessen wird, noch heute als angemessen zu gelten haben. Die Selbstkosten wachsen kontinuierlich mit der Gesprächsdauer, aber ein Tarif kommt ohne feste Intervalle nicht aus. Je gröber die Intervalle sind, um so ungünstiger wirken sie sich für den Benutzer aus, und zwar in steigendem Maße mit der Entfernung; auch die nicht ausgenutzte Minute muß voll bezahlt werden. Auf der anderen Seite darf die Erfassung der Gesprächsdauer nicht zu einer schwierigen Aufgabe werden, weil jede Erschwerung sich in Personalkosten umsetzt, solange die Dauer von Hand festgestellt und die Gebühren von Hand ausgeworfen werden müssen. Wird dagegen die Erfassung selbsttätig eingerichtet, so kann man die Zeitintervalle auf die unterste Grenze herabsetzen, die durch die Gebühreneinheit gegeben ist. Selbstkostenmäßig ist dann die Frage des Zeitintervalls ohne große Bedeutung und kann nach anderen Überlegungen entschieden werden.

Die Beziehung der Gesprächsgebühren auf die Entfernung zwischen den beiden Gesprächsorten ist im gegenwärtigen Ferntarif verwickelter. Weder steigen die Entfernungsstufen, die Zonen, in gleichmäßigen Abständen, noch steht der Gebührenzuwachs zu den Zonenabständen in einem einfachen Verhältnis. Die derzeitige Tarifgestaltung ist das Ergebnis einer langen Entwicklung, die mit großer Wahrscheinlichkeit eine zutreffende Grundrichtung bewirkt hat. Aber die Gestaltung im einzelnen bedarf einer Überprüfung. Aus der Tafel 1 und der graphischen Veranschaulichung in Bild 1 ist zu erkennen, daß die Zonenbreiten mit der Entfernung größer, die Gebührenzuschläge, bezogen auf die kilometrische Einheit, dagegen mit der Entfernung geringer werden, allerdings, wie zu sehen ist, mit einer merkwürdigen Umkehrung der Tendenz bei 50 bis 75 km. Es wäre müßig, den Ursachen dieser Gestaltung im einzelnen nachgehen zu wollen, da wir es mit einem Erfahrungsergebnis, nicht mit einer systematischen Gestaltung zu tun

haben. Zu einer allgemeinen Beurteilung muß ein kurzer Blick auf die zugrunde liegende Kostenschichtung geworfen werden.

Als entfernungsabhängige Kosten kommen fast ausschließlich die Leitungskosten von Endstelle zu Endstelle in Betracht, wobei üblicherweise die technischen Kosten für Verstärkung und Mehrfachausnutzung zur Leitung gerechnet werden. Auch die technischen Kosten des Durchgangsverkehrs lassen sich den Leitungskosten zuschlagen. So betrachtet, müßte sich für die frühere Zeit, ehe das neuzeitliche Mittel der Trägerfrequenz angewendet werden konnte, eigentlich ergeben, daß die Leitungskosten und mithin auch die Gebührenzuschläge je km im Nahbereich (bis etwa 75 km Luftlinienentfernung) schwächer steigen als im Weitverkehrsbereich. Die umgekehrte Tendenz, die im Tarif zum Ausdruck kommt, läßt vermuten, daß bei dieser Gestaltung am wenigsten die Selbstkosten ausschlaggebend waren; lediglich wird die aus der Bewegung herausfallende Steigerung der kilometrischen Gebühr zwischen 50 und 100 km jetzt verständlich.

Eine bemerkenswerte Abweichung in der Entfernungsberechnung beim gegenwärtigen Tarif ist noch zu erwähnen. Bei großen Ortsnetzen wird der Anfangspunkt der Berechnung um 3, 5 oder 10 km hinausgeschoben, soweit es sich um Gespräche auf Entfernungen bis zu 25 km handelt. Diese Tarifbestimmung geht davon aus, daß bei ausgedehnten Ortsnetzen die Nahzonen gewissermaßen verschluckt werden und auf die Ortsgesprächsgebühr sogleich eine Ferngebühr von 45 oder 60 Pfg. folgt. Dies wird als widersinnig empfunden. Durch die Tarifbestim-

Ferngesprächstarif					DM	Zonenbreite	Gebührenzuwachs je km
Nahzone		bis	10	km	0,30	5 km	3 Pfg.
I.	10	„	15	„	0,45	5 „	3 „
II.	15	„	25	„	0,60	10 „	1,5 „
III.	25	„	50	„	0,90	25 „	1,2 „
IV.	50	„	75	„	1,35	25 „	1.8 „
V.	75	„	100	„	1.80	25 „	1,8 „
VI.	100	„	200	„	2,25	100 „	0,45 „
VII.	200	„	300	„	2.70	100 „	0,45 „
VIII.	300	„	400	„	3,15	100 „	0,45 „
IX.	400	„	500	„	3.60	100 „	0,45 „
X.	500	„	600	„	4,05	100 „	0,45 „
XI.		über	600	„	4.50	unbegrenzt	0,45 „
Fernzone							

Tafel I. Zonenbreiten und Gebührenzuwachs

mung wird die folgerichtige Ordnung wieder hergestellt; auch die Teilnehmer der großen Ortsnetze kommen in den Genuß des billigen Nahverkehrs. Die Bestimmung löst das Problem, die Tarifentfernung von einer Fläche aus zu bemessen, das uns später noch beschäftigen wird, auf eine verständige Weise.

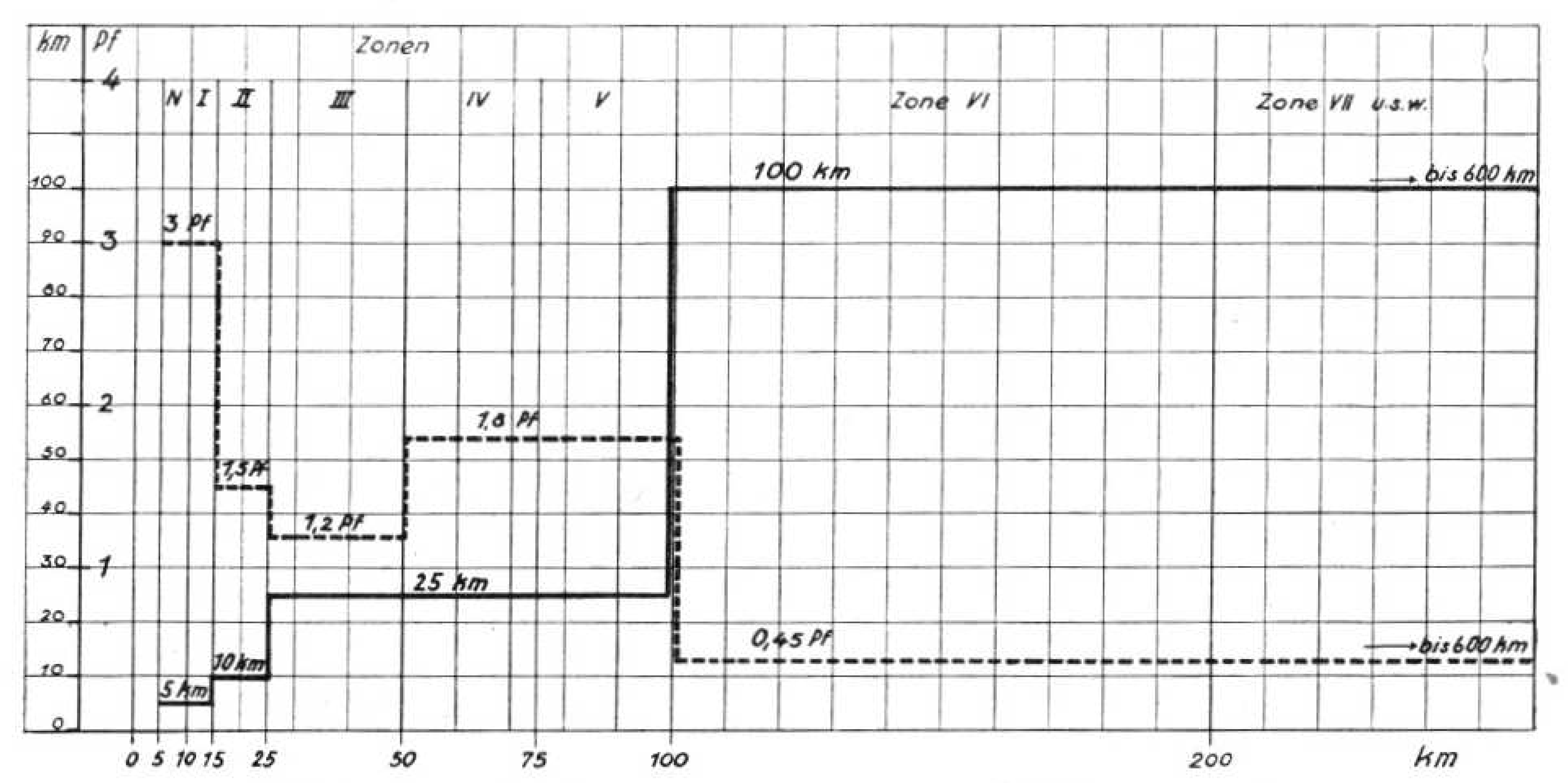


Bild 1. Zonenbreiten und kilometrischer Gebührenzuwachs
in den einzelnen Fernzonen

2. Der Leitungstarif

Aus der historischen Entwicklung haben sich, wie bereits gezeigt worden ist, drei verschiedene Arten der Überlassung von Fernsprechleitungen ergeben. Demgemäß enthalten die gegenwärtigen Gebührenbestimmungen hierfür drei Tarife:

1. Ausnahmequerverbindungen:
   dreigeteilter Tarif: einmaliger Kostenzuschuß, monatliche Leitungsgebühr und monatliche Ausfallgebühr;
2. Ausnahmequerverbindungen für Großteilnehmer:
   vereinfachter Tarif zu monatlich 1,80 DM für je 100 m Leitung;
3. Stromwege in Privatfernmeldeanlagen:
   bis 75 km Länge 17,— DM, mehr als 75 km Länge 22,50 DM monatlich je km.

Obwohl die Tarife zwei verschiedene Anwendungsbereiche betreffen — die Ausnahmequerverbindungen gehören zum öffentlichen Fernsprechnetz, die Stromwege zu den Privatfernmeldeanlagen —, ist die Zweckbestimmung im Grunde dieselbe. Es werden Fernsprechleitungen aus dem Bestande der Bundespost für Eigenbenutzer überlassen. Einen Anspruch auf Überlassung gibt es weder bei der einen noch bei der anderen Art; der Unterschied liegt lediglich in der Berechtigung der Antragsteller. Stromwege können nur angefordert werden, wenn die Voraussetzungen zur Errichtung einer Privatfernmeldeanlage gegeben sind; Ausnahmequerverbindungen werden von Nebenstellenanlage zu Nebenstellenanlage nur zum Sprechverkehr zwischen diesen, nicht zur Weiterverbindung in das allgemeine öffentliche Netz geschaltet. In beiden Fällen sind also die überlassenen Leitungen aus dem öffentlichen Netz herausgelöst; es handelt sich jedesmal darum, daß Fernverkehr außerhalb des öffentlichen Fernsprechnetzes abgewickelt wird. Allge-

mein werden nicht materielle Leitungen zur beliebigen Ausnutzung, sondern nur Sprechverbindungen von Ort zu Ort überlassen.

Bei dieser Übereinstimmung in sachlicher Hinsicht ist es wohl berechtigt, die drei Tarife im Zusammenhang zu betrachten und zu wer-

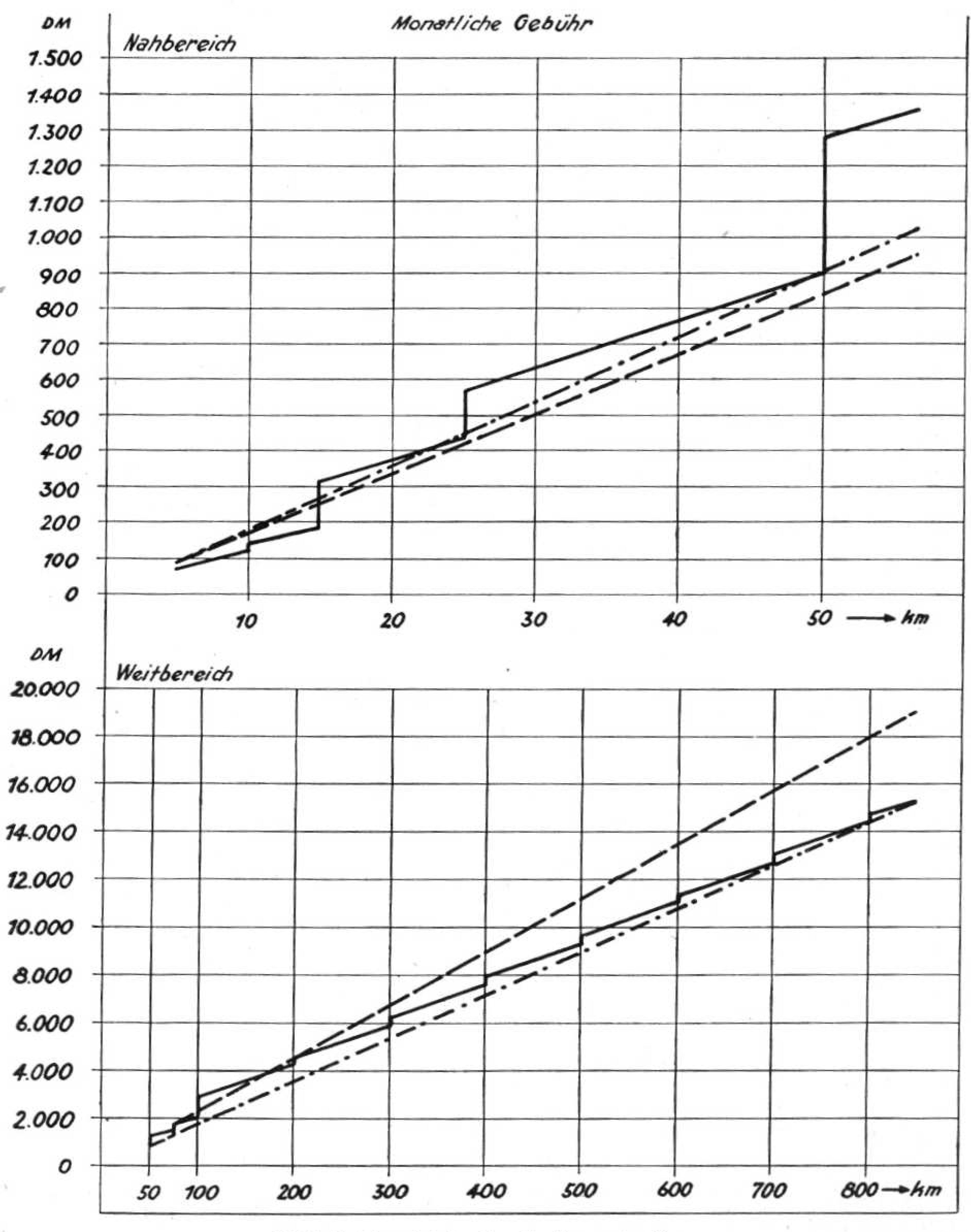


Bild 2. Vergleich der Leitungstarife.
—— Regeltarif für Ausnahmequerverbindungen,
—·— Tarif für Großteilnehmer, — — — Stromwegtarif.

ten. Um sie vergleichen zu können, muß der einmalige Kostenzuschuß in ein laufendes Entgelt umgewandelt werden, was nur unter Annahme einer bestimmten Tilgungsdauer möglich ist. Man kann hierbei entweder von der Lebensdauer der Kabel ausgehen, die im allgemeinen zu 20 bis 25 Jahren gerechnet wird, oder von der mittleren Überlassungszeit der Leitungen, weil sich das der Bundespost gewährte Entgelt hierauf bezieht. Man wird einigermaßen das Richtige treffen, wenn die Tilgungszeit mit 15 Jahren angesetzt wird. Der Vergleich sei zunächst in einer graphischen Darstellung durchgeführt (s. Bild 2). Es hat den Anschein, daß keine ausreichende Deckung bestünde, weil die Linien teilweise weit auseinanderlaufen. Doch gilt dies nur für den Vergleich der Einzelgebühren bei einer bestimmten Entfernung; bei einer wirtschaftlichen Betrachtung kommt es indes darauf an, welche Gesamteinnahme bei jedem Tarif erzielt wird. Diese Berechnung ist durchgeführt und in einer Übersicht zusammengestellt (s. Tafel 2). Dabei ist eine Verteilung der überlassenen Leitungen auf die einzelnen Entfernungsstufen zugrunde gelegt, wie sie dem Gesprächsanfall im Fernverkehr nach Bild 3 entspricht. Aus der Berechnung ist zu ersehen, daß der Regeltarif für die Ausnahmequerverbindungen und der Stromwegtarif unter dieser Voraussetzung die gleichen Gesamteinnahmen erbringen, während der Großteilnehmertarif etwas niedriger liegt. Dies erklärt sich daraus, daß bei der Berechnung eine ganz bestimmte, jedoch nicht umfassende Verteilung auf die Entfernungsstufen zugrunde gelegt wurde. Jedenfalls ergibt sich, im ganzen betrachtet, daß die drei Tarife unbedenklich vereinigt werden könnten. Bei einer solchen Angleichung und Vereinfachung wäre es nötig, daß der einmalige Kostenzuschuß und die Ausfallgebühr in dieser Form entfallen. Es bedarf daher noch einer Prüfung, welche Gründe für die Einführung dieser Gebühren bestanden haben.

Fernzone	Mittlere Entfernung km	Anteil an der Gesamtleitungszahl in v. H.	Anteil am Gebührenaufkommen		
			nach Regeltarif für Ausnahmequerverbindungen in v. H.	nach Tarif für Großteilnehmer in v. H.	nach Stromwegtarif in v. H.
I	10	35,64	3,61	5,42	5,12
II	20	17,90	5,74	5,40	5,13
III	37,5	18,86	11,71	10,55	9,96
IV	62,5	8,81	10,62	8,33	7,88
V	87,5	3.47	5,80	4,05	5,86
VI	150	8,70	26,22	19,44	24,95
VII	250	3,38	14,78	12,58	15,95
VIII	350	1,87	10,95	9,78	12,29
IX	450	0,97	7,05	6,54	8,18
X	550	0,34	2,92	2,82	5,53
XI	650	0,06	0,60	0,59	0,73
		100,0	100,00	85,60	99,58

Tafel II. Vergleich der Leitungstarife

Der einmalige Kostenzuschuß. Der Zuschuß hatte eine doppelte Aufgabe zu erfüllen. Er sollte die Anforderung der Sonderleitungen zurückdrängen, weil es wegen der unvermeidlichen Schädigung des allgemeinen Verkehrs unerwünscht war, zu viel Leitungen dem öffentlichen Fernsprechnetz zu entziehen. Auf der anderen Seite war es höchst erwünscht, die Kapitalbeschaffung durch solche Beiträge zu erleichtern. Daß den Benutzern die hohen Kostenzuschüsse unbequem waren, bedarf keiner Betonung. Nur kapitalkräftige Antragsteller konnten sich Ausnahmequerverbindungen erlauben.

Die Gebühr für den Ausfall an Gesprächsgebühren. Der Name ist nicht glücklich gewählt, denn der Sachverhalt wird nicht in seinem Kern getroffen. Offensichtlich liegt der Gedanke zugrunde, daß der Postverwaltung die Gesprächseinnahmen zu ersetzen sind, die sie sonst aus der Leitung erzielt hätte. Berechnet man die Zahl dieser Gespräche aus der Ausfallgebühr in den einzelnen Zonen, so wird man allerdings erkennen, daß sie in den Nahstufen sehr gering ist (täglich 3 bis 4 Gespräche), in den weiten Entfernungen aber fast den siebenfachen Betrag erreicht. Diese auffällige Ungleichheit läßt wieder die Absicht vermuten, die Teilnehmer von der Beantragung solcher Leitungen bei großen Entfernungen abzuschrecken.

Aus dieser Beurteilung heraus wird die Ausfallgebühr gern als Hoheitsgebühr gekennzeichnet; es wird sogar von einer Ausnutzung der Monopolstellung der Post gesprochen. Das ist falsch gesehen. Wenn auch die Form der Ausfallgebühr als verfehlt erscheint, so kann doch nicht geleugnet werden, daß ihr Grundgedanke auf etwas Richtiges hinausläuft. Eine Fernverkehrsleitung kann den Benutzern nicht einfach nach Maßgabe der Selbstkosten überlassen werden. Die Fernsprechgebühren müssen die Ausgaben für den Fernsprechverkehr in der Gesamtheit decken. In jeder tarifierten Einzelleistung sind daher Kostenelemente enthalten, die zur Deckung von Ausgaben dienen, die nicht besonders oder aus bestimmten Gründen nicht in der richtigen Höhe tarifiert werden können. Jede Ferngesprächsgebühr enthält über die Gestehungskosten hinaus einen Beitrag dieser Art. Es leuchtet ein, daß bei der Bereitstellung einer Leitung auf einen entsprechenden Beitrag nicht verzichtet werden kann. Der Verzicht würde eine Bevorzugung des Leitungsbenutzers gegenüber den Benutzern des öffentlichen Netzes bedeuten und zu einer Abwanderung des Massenverkehrs auf diese verbilligte Abwicklungsart führen. Das widerspräche dem leitenden Grundgedanken des deutschen Tarifwesens, der gleichen Behandlung aller Benutzer. Es ist aus diesen Gründen unvermeidlich, daß der Leitungstarif in Übereinstimmung zum Einzelgesprächstarif aufgebaut wird. Mit einer Hoheitsgebühr hat dies nichts zu tun, es handelt sich um rein wirtschaftliche Überlegungen.

Für die Form des Leitungstarifs ergibt sich hieraus das Folgende: Der Kostenzuschuß hat für die Postverwaltung zwar den Vorteil, daß er ihr Anlagemittel beschafft. Da aber im ganzen übrigen Fernsprechtarif die Kostenzuschüsse bis auf wenige begründete Ausnahmen ge-

fallen sind — sie passen schlecht in den Rahmen laufender Benutzungsgebühren und verursachen Schwierigkeiten bei kurzfristiger Überlassung und bei Leitungsveränderungen —, werden sie auch hier nicht beibehalten werden können, sobald die Abschreckungstheorie ihren Sinn verloren hat. Dies wird der Fall sein, wenn der Leitungspark der Bundespost sich durch den Bau der Trägerfrequenzkabel genügend aufgefüllt hat, was über kurz oder lang zu erwarten ist. Es bleibt dann die Frage, ob für die laufende Gebühr die Zusammensetzung aus zwei Anteilen verschiedenen Aufbaus noch notwendig ist, oder ob die Abgeltung in einer einzigen Gebühr gefunden werden kann. Die gegenwärtige Lösung erreicht die Bindung an die Gesprächsgebühren durch die Anwendung der gleichen Zonenstaffel, während die Leitungsgebühr als Instandhaltungsgebühr sinngemäß kontinuierlich anwächst. Wir haben gesehen, daß die erste Beziehung durch das Ansteigen der Verhältniszahl bis auf das Siebenfache wieder verdorben wird. Wenn solche groben Korrekturen in Kauf genommen werden, wird die notwendige Anpassung des Leitungstarifs an den Einzelgesprächstarif auch in einer zusammengefaßten laufenden Gebühr zu erzielen sein. Grundsätzlich bestehen für einen einfachen Tarif zwei Lösungsmöglichkeiten: entweder die Tarifierung nach einem Vielfachen der Einzelgesprächsgebühr, wobei die gesuchte Angleichung an den Gesprächstarif im Vordergrund steht, oder die Tarifierung nach einer notfalls gestaffelten kilometrischen Gebühr, bei der das hervorstechende Selbstkostenelement, die Länge der Leitung, stärker zum Ausdruck kommt. Welche Lösung den Vorzug verdient, ist erst durch eine quantitative Kostenuntersuchung zu klären.

III. Tarifgestaltung im Auslandsverkehr

Bevor die vergleichenden Übersichten über die ausländischen Fernsprechtarife, die früher im Reichspostministerium geführt wurden und leider der Zerstörung anheimfielen, nicht wieder aufgebaut sind, ist ein fruchtbarer Vergleich des deutschen Fernverkehrstarifs mit den ausländischen nicht möglich. Es kann nur ein kurzer Blick auf die Empfehlungen des CCIF (Comité Consultatif International Téléphonique) für die Tarifgestaltung im internationalen Fernverkehr geworfen werden, um zu erkennen, ob die dort angewendeten Grundsätze mit der deutschen Tarifpolitik übereinstimmen. Es sind die Gebühren für Einzelgespräche und die Gebühren für überlassene Leitungen zu betrachten.

Die Empfehlungen des CCIF nehmen ihren Ausgangspunkt von den Selbstkosten, für deren gleichmäßige Erfassung bestimmte Merkmale in ihrer zahlenmäßigen Größe festgelegt werden. Aus den hiernach errechneten Selbstkosten sind die Faktoren für die Gebührenberechnung in Goldfranken ermittelt und in folgendes Schema gebracht worden:

tig tarifiert war, während die Gebührensenkung bei einer untertarifierten Leistung niemals zu einer Verbesserung der Einnahmen führen kann, weil mit dem Ansteigen des Verkehrs sich auch die Verluste vermehren. Insoweit ist die Anpassung der einzelnen Gebührensätze an die Selbstkosten von großer Bedeutung, und das Hauptaugenmerk wird darauf gerichtet werden müssen, jene Stellen ausfindig zu machen, bei denen eine Gebührensenkung eine finanziell günstige Verkehrssteigerung erwarten läßt. Das Hauptproblem ist dabei das des Nahverkehrs. Hier liegt der überwältigende Anteil des gesamten Fernverkehrs (s. Bild 3) und hier liegen auch, wie die Erfahrung immer wieder gezeigt hat, noch längst nicht ausgeschöpfte Möglichkeiten einer Verkehrssteigerung. Die richtige Lage der Nahverkehrsgebühren zu den Selbstkosten ist mithin von ausschlaggebender Bedeutung für den Gesamthaushalt im Fernverkehr.

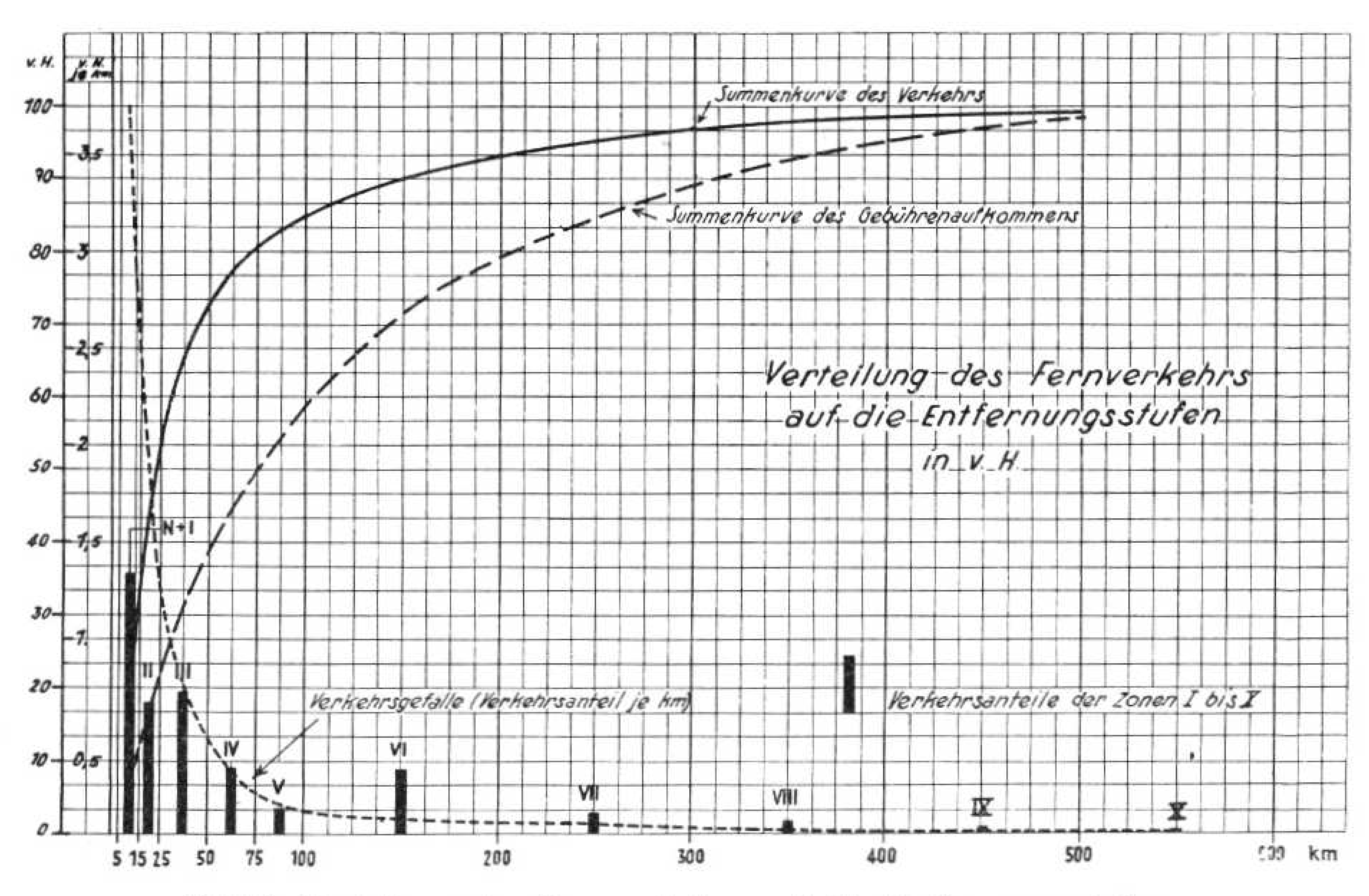


Bild 3. Verteilung des Fernverkehrs auf die Entfernungsstufen.

Da Dauer und Entfernung, Zeit und Zone, als Bestimmungsmerkmale für den Fernverkehrstarif ihre grundlegende Bedeutung behalten werden, ist es um so wichtiger, im Nahverkehr mit seinen großen Verkehrsmassen in beiden Merkmalen die richtige Unterteilung zu treffen. Wie wenig die bisherige Dreiminuteneinheit und ihre Fortsetzung in Einminuteneinheiten als unverrückbare Lösung zu gelten hat, ist bereits gezeigt worden. Hier kann, ohne die Selbstkostenfrage zu berühren, eine Verbilligungsmöglichkeit durch Zeitanpassung in kürzeren Intervallen in Aussicht gestellt werden. Bei der Entfernungsstaffel sind neue Untersuchungen nötig. Es liegt auf der Hand, daß der Massen-

verkehr im Nahbereich eine schärfere Zoneneinteilung bedingt als der schwächere Weitverkehr. Schon geringe Veränderungen der Gebühren ergeben starke Verschiebungen der Einnahmen auf der einen Seite und der Belastungen der Benutzer auf der anderen Seite. Wie weit die Zonen unterteilt werden sollen, ist vorwiegend eine Gebührenfrage. Tariflich wird man die den Zonen entsprechenden Gebührenstufen um mindestens eine Grundeinheit anwachsen lassen müssen, d. i. im Bundesgebiet die Ortsgesprächsgebühr von zur Zeit 0,15 DM. Zu weitgehende Unterteilungen verteuern aber die Technik und erschweren den Betrieb durch verwickelte Gebührenerfassung. Wie dieses Problem sich für die kommende Regelung zuspitzt, wird noch zu erörtern sein. Im Weitverkehr schneiden sich die Forderungen weniger. Die Verkehrsdichte nimmt über 100 km ganz erheblich ab, wie dies auf Bild 3 zu ersehen ist. Die finanzielle Auswirkung ist entsprechend geringer und die Zonen können unbedenklich breiter gehalten werden, um die Gebührenerfassung zu vereinfachen. Ob Berichtigungen an der gegenwärtigen Entfernungsstaffel zweckmäßig sind, wird sich erst nach dem Vorliegen der Kostenuntersuchungen abschließend beurteilen lassen.

Das Bild 3 über die Verteilung des Fernverkehrs bedarf einer kurzen Erläuterung. Da eine umfassende Untersuchung in dieser Hinsicht seit langer Zeit nicht mehr durchgeführt worden ist, mußten zur Aufstellung der Kurven Unterlagen aus dem Jahre 1927 benutzt werden. Das braucht jedoch keine Bedenken zu erwecken, weil alle Teilfeststellungen aus jüngerer Zeit gezeigt haben, daß sich die Verteilung des Fernverkehrs auf die Entfernungsstufen kaum geändert hat. Die auf Grund der neuen Ergebnisse berichtigte Verkehrskurve kann also noch heute als verbindlich gelten. Aus dem abweichenden Verlauf der Gebührenkurve darf nicht auf eine unterschiedliche Rentabilität in den einzelnen Zonen geschlossen werden. Wenn beim Fernverkehr bis 100 km der Verkehrsanteil 85 v. H., der Gebührenanteil aber nur 58 v. H. beträgt, besagt dies nur, daß die Gebühr des einzelnen Gesprächs im Nahbereich geringer ist als im Weitbereich. Die Rentabilitätskurve kann erst dargestellt werden, wenn die Kurve der Selbstkosten vorliegt, was erst nach Abschluß der gegenwärtig laufenden Untersuchungen zu erwarten ist.

E i n Ergebnis ist aus den Kostenuntersuchungen mit Sicherheit zu erwarten, die Senkung des Leitungskostenanteils auf Grund der Einführung der Trägerfrequenztechnik im Fernkabelnetz. Die Einsparungsmöglichkeiten sind nicht unbeträchtlich. Doch darf man bei der Auswirkung auf den Tarif die theoretischen Möglichkeiten nicht überschätzen, vielmehr muß man die gegenwärtige Lage der Dinge ins Auge fassen. Der alte Leitungsbestand belastet den Kapitaldienst noch auf lange Zeit; die Ersparnisse können also nur anteilig in den Tarif eingehen. Aber auch hier sind Grenzen gesetzt. Die Auslegung neuer Trägerfrequenzkabel oder die Ausrüstung vorhandener Kabel mit dieser Technik verschlingt gewaltige Summen. Bei der Unmöglichkeit, sie im Wege einer Anleihe zu beschaffen, bleibt es nicht aus, daß die Be-

	Gebühren für ein Gespräch von 3 Minuten Dauer		
	alte Kabel	Trägerfrequenzkabel	gemischte Kabel (Übergang)
Leitungsanteil für je 100 km	0,60	0,25	0,40
Stationsanteil	0,60	0,80	0,80

Hieraus ist zu erkennen, daß der internationale Fernverkehrstarif in der Form des Aufbaus dem deutschen entspricht; die Bestimmungsfaktoren sind in beiden Tarifen Gesprächsdauer und überbrückte Entfernung. Auch die Dreiminuteneinheit erscheint wieder. Ebenfalls gilt für die Gesprächsfortsetzung die Berechnung von Minute zu Minute. Bei der Entfernungsstaffelung fallen aus begreiflichen Gründen die Nahzonen aus (für den Grenzverkehr gelten besondere Bestimmungen), die Zonenbreite von 100 km entspricht der deutschen im Weitverkehr.

Die Aufgliederung der Kostenelemente in Leitungsanteil und Stationsanteil stimmt mit dem deutschen Verfahren überein. Sie ist aber nur eine Berechnungsgrundlage und wird ebensowenig wie in Deutschland in den Tarif übernommen. Dieser Tarif erscheint bei der Bekanntgabe nur nach den Entfernungszonen gestaffelt und auf die Dreiminuteneinheit bezogen, wobei je nach den Vereinbarungen von Land zu Land die Zonen noch weiter vereinfacht, d. h. vergrößert werden. Achtet man auf diese Tendenz, so zeigt sich, daß das Entfernungselement und damit das wesentliche Selbstkostenelement beim Gesprächstarif zugunsten einer einheitlichen Mittelwertsberechnung stark in den Hintergrund tritt. Diese Entwicklung findet bisher im innerdeutschen Tarif keine Parallele, da die Entfernungsstaffelung erst über 600 km ihr Ende erreicht.

Entsprechend den deutschen Ausnahmeverbindungen werden auch im internationalen Fernverkehr Leitungen mietweise zur Eigenbenutzung überlassen. Für den vom CCIF empfohlenen Tarif ist es bemerkenswert, daß er nicht wie der deutsche selbständig aufgebaut wird, sondern sich völlig auf den Gesprächstarif stützt. Die Gebühr wird nach dem Entgelt für werktäglich 80 Gesprächseinheiten zu 3 Minuten, d. s. 2000 Einheiten monatlich, bestimmt. Hier wird also lediglich auf den Wert gesehen, den die Überlassung der Leitung für den Benutzer im Vergleich zur Führung von Einzelgesprächen hat, nicht aber auf die Selbstkosten der zur Verfügung gestellten Leitung. Im Zusammenhang mit der oben erwähnten Neigung, den Gesprächstarif auf weiträumig bezogene Mittelwerte zu gründen, geht die Beziehung zu den Selbstkosten fast völlig verloren. Obwohl statt dessen eine vollständige Angleichung an den Gesprächstarif erreicht wird, bleibt es doch unbefriedigend, daß Fernsprechleitungen mit wesentlich unterschiedlicher Länge — es können mehrere hundert Kilometer in Betracht kommen — zur gleichen Gebühr abgegeben werden. Die Mittelwertberechnung, die bei Einzelgesprächen erträglich ist, hat bei den hohen Gebühren für die Leitungsüberlassung ihre Schattenseiten. Der deutsche Tarif vermeidet diese einseitige Auswirkung.

IV. Kommende Aufgaben der Tarifgestaltung

Die öffentlichen Verkehrstarife haben die begreifliche Neigung, sich Änderungen zu widersetzen. Sie gehören mit zu den Fundamenten des öffentlichen Lebens, das einer gewissen Beharrlichkeit und Beständigkeit nicht entbehren kann. Das hat wirtschaftliche und psychologische Gründe. Doch kann die natürliche Trägheit eines Tarifgebildes leicht dahin führen, daß sich auch in ihr Gesetz und Rechte wie eine ewige Krankheit weiter erben. Von Zeit zu Zeit ist daher eine tiefgehende Überprüfung der Tarifgrundlagen unvermeidlich. Die Fernverkehrstarife sind bis auf eine allgemeine Angleichung an den gesunkenen Geldwert unverändert geblieben, obwohl gewaltige Erschütterungen das Wirtschaftsgefüge des Landes getroffen haben. Es muß daher untersucht werden, ob der Tarif in seinem Aufbau und in seiner Gebührenhöhe den veränderten Verhältnissen noch entspricht. Dies hat nach zwei Seiten zu geschehen: erstens ist zu prüfen, ob die einzelnen Gebührensätze im richtigen Verhältnis zum Kostenaufwand stehen; zweitens muß geklärt werden, wie weit die Fortschritte in Technik und Betriebsweise beim Fernverkehr zu einer Änderung der Tarifgrundlagen zwingen.

1. Anpassung an die Selbstkosten

Wie schon angeführt worden ist, wird eine eingehende Ermittlung und Zergliederung aller Kostenelemente des Fernsprechwesens die Möglichkeit bieten, von der Selbstkostenseite her eine Überprüfung und nötigenfalls einen neuen Aufbau des Ferntarifs vorzunehmen. Ehe die Ergebnisse vorliegen, können zu dieser Aufgabe hier nur einige grundsätzliche Bemerkungen gemacht werden, die die erreichbaren Auswirkungen von Anfang an in das richtige Licht rücken sollen. Daß aus den Ergebnissen eine allgemeine Gebührensenkung abgelesen werden könnte, ist nicht zu erwarten. Die Gesamteinnahmen der Bundespost überschreiten die Gesamtausgaben nicht einmal in dem Maße, daß genügend Mittel für Neuanlagen daraus abgezweigt werden könnten. Die Selbstkosten bilden zwar die Grundlage für die Tarifgestaltung, daß sie aber nicht für sich allein die Höhe der Gebühren bestimmen können, ist schon mehrfach betont worden. Die Gebühren müssen den nötigen Anteil an den allgemeinen Unkosten und einen Ausgleich für die mit Vorbedacht untertarifierten Leistungen erbringen. Es ist denkbar, daß die Untersuchungen vielleicht einige Einsparungsmöglichkeiten ergeben könnten, die Wahrscheinlichkeit ist aber bei den bereits ständig laufenden Bemühungen in dieser Richtung nicht sonderlich groß. Es kann sich nur darum handeln, Berichtigungen innerhalb des Gesamttarifs vorzunehmen, wenn sich zeigt, daß die eine Leistung zu hoch, die andere zu niedrig angesetzt war. Das kann erhebliche finanzielle Auswirkungen haben, insofern die verbilligte Leistung zu einer Verkehrssteigerung anreizt. Die Mehrleistungen erbringen aber nur dann echten Gewinn, wenn die Einzelleistung nach Maßgabe der Selbstkosten rich-

reitstellung dieser Mittel aus den Einnahmen auch die Gebührenseite beeinflußt und mögliche Gebührensenkungen so lange verhindert, wie keine andere Lösung in der Mittelfrage gefunden ist, die es erlaubt, die Lasten der Modernisierung des deutschen Fernkabelnetzes in berechtigtem Maße auf zukünftige Schultern zu verlagern.

Ähnliches gilt in Bezug auf den Tarif für überlassene Leitungen. Auch hier wird die Senkung der Gestehungskosten für nahe und weite Sprechwege nicht voll den Gebühren zugute kommen können, denn es kann auch bei der Leitungsüberlassung die tarifliche Gesamtlage nicht außeracht gelassen werden. Das kann zu Schwierigkeiten führen, wenn die Leitungsüberlassung durch die Bundespost mit der Auslegung eigener Kabel durch dazu berechtigte Benutzer im Wettbewerb steht. Der einzelne Benutzer kann sich die Vorteile der modernen Technik für seinen Fall voll zunutze machen, eine öffentliche Verwaltung kann sich den Belastungen durch die Vergangenheit nicht entziehen. Hier einen gerechten Ausgleich zu finden, dürfte schwer sein, wenn man an dem wichtigen Grundsatz eines gleichen Tarifs für alle festhält.

2. Anpassung an neue Technik

Bei der bisherigen Betriebsform im Fernverkehr hat es keine Schwierigkeiten bereitet, die Gesprächsdauer und die Entfernung in den vom Tarif vorgeschriebenen Einheiten und Unterteilungen zu erfassen. Die menschliche Hand, die überwiegend beteiligt war, konnte sich allen Anforderungen leicht anpassen. Der Tarif war frei in Bezug auf die Gestaltung der Entfernungsstufen und der zu Grunde zu legenden Zeiteinheiten. Wenn jedoch die menschliche Mitwirkung bei der Herstellung der Ferngespräche ganz oder teilweise ausgeschaltet und durch technische Maßnahmen ersetzt werden soll, entsteht begreiflicherweise eine strenge Bindung des Tarifs an die Formen der Technik, die seine Freizügigkeit einschränkt. Vor dieser Frage steht zur Zeit die Deutsche Bundespost durch die vermehrte Anwendung des Selbstwählferndienstes mit dem Ziel der Landesfernwahl. Ein Streit um die Priorität des Tarifs oder der Technik führt nicht zum Erfolg. Es muß ein Ausgleich zwischen den berechtigten Forderungen von Tarif und Technik angestrebt werden.

Die Lösung ist lediglich durch die Kosten bedingt. Die Technik ist in der Lage, jede Forderung des Tarifs in Bezug auf die beiden Grundelemente, Dauer und Entfernung, zu erfüllen. Die Lösung ist aber um so billiger, je einfacher und je weniger unterteilt der Tarif gehalten wird.

Bei der Erfassung der Gesprächsdauer sind die Verhältnisse einfach. Die Aufgabe kann so gestellt werden, daß die gebührenpflichtige Zeit des Gesprächs in bestimmten Einheiten zu erfassen ist, wobei die Dauer in Minuten gleichgültig bleibt. Diese Aufgabe ist mit der Zählung während des Gesprächs leicht zu lösen. Der Gesprächszähler des Teilnehmers wird während der ganzen Gesprächsdauer in gleichmäßigen

Zeitabständen weitergesteuert. Der erste Impuls wird sogleich gegeben, wenn der angerufene Teilnehmer sich gemeldet hat. Da der zweite und die weiteren Zählimpulse von einer zentralen Einrichtung gesteuert werden, sind sie von der jeweiligen Phase dieser Einrichtung zeitlich abhängig. Es muß nun dahin gestrebt werden, daß der zweite Impuls möglichst nicht eher eintrifft, als bis die erste Zeiteinheit abgelaufen ist, weil diese sonst zum Nachteil des Teilnehmers zu kurz ausfallen würde. Ein solcher annähernd zeitgerechter Einsatz der Zählung ist ohne nennenswerte Mehrkosten zu erreichen.

Schwieriger wäre die Forderung zu erfüllen, daß bei jedem Ferngespräch eine Gebühr von mindestens 3 Minuten zu erfassen ist. Es muß daher überlegt werden, ob der Tarif auf diese Bestimmung nicht verzichten kann. Wie schon oben ausgeführt, erfüllt die Dreiminuteneinheit keineswegs gut den Zweck, ein Entgelt für die Grundkosten eines Ferngesprächs zu erhalten. Bei sehr kurzen Gesprächen schafft sie zwar einen gewissen Ausgleich oder besser ausgedrückt, sie unterbindet es, daß solche Gespräche in großer Zahl geführt werden, denn in der Regel wird der Teilnehmer bestrebt sein, die Mindestdauer auch auszunutzen. Mit dem Verfahren ist daher eine Mehrbelastung der Fernsprecheinrichtungen verbunden, die den Zweck zum Teil wieder vereitelt. Da mithin die Grundkosten nicht kostengerecht erfaßt werden, ist es für die Tarifpolitik nicht schwer, auf die Dreiminuteneinheit zu verzichten und eine allgemeine Verteilung der Grundkosten auf die Gesprächsgebühren vorzunehmen. Der Nachteil, daß kurze Gespräche mit mangelhaft abgegoltenen Grundkosten nicht mehr zurückgedrängt werden, wird erfahrungsgemäß dadurch aufgewogen, daß in der Möglichkeit, den Gesprächspartner jederzeit durch Selbstwahl heranzuholen, ein Anreiz zur häufigen Wiederholung liegt, wodurch der Gesprächsverkehr insgesamt gehoben wird. Überdies ist nicht zu befürchten, daß die Kurzgespräche überhandnehmen, denn die wenigsten Gesprächsinhalte sind für eine solche Beschränkung geeignet. Der Wegfall der Mindestdauer von 3 Minuten kann zur Erzielung einer einfacheren Technik vom Standpunkt des Tarifs daher unbedenklich zugestanden werden.

Weniger günstig liegen die Dinge beim Tarifmerkmal der Entfernung. Die Aufgabe besteht darin, selbsttätig die Gebühr zu erfassen, die für ein Ferngespräch auf Grund der überbrückten Entfernungen, gestaffelt nach den Zonen des Tarifs, fällig ist. Im Selbstwählfernverkehr nach dem System der künftigen Landesfernwahl löst die Technik diese Aufgabe in der Weise, daß die Zeitabstände, in denen der Gesprächszähler des Teilnehmers während des Gesprächs weitergesteuert wird, in demselben Verhältnis gekürzt werden, wie die Gebühr entsprechend der Entfernungszone ansteigt. Der einzelne Zählimpuls entspricht der Ortsgesprächsgebühr, die zur Zeit 15 Pfennig beträgt. Alle Gebühren drücken sich daher in einem Vielfachen dieser Einheit aus. Ist z. B. ein Gespräch in der Nahzone (bis 10 km) zu erfassen, in der ein Dreiminutengespräch 30 Pfg. kostet, so wird der Gesprächszähler

beim Beginn des Gesprächs um einen Impuls und — unter der Voraussetzung eines zeitgerechten Einsatzes — nach je $1\frac{1}{2}$ Minuten um je einen weiteren Impuls gesteuert. Bei einem Gespräch dagegen in der III. Fernzone (zwischen 25 und 50 km), das dreimal so viel kostet, gehen die Impulse dreimal schneller vor sich und folgen sich in jeder halben Minute. Dasselbe gilt für die höheren Zonen. Die Dauer des Gesprächs wird also immer nach den Zeitabständen bewertet, die in der betreffenden Zone für die Einheit von 15 Pfg. gelten. Das bedeutet, daß die Zeitdauer um so feiner erfaßt wird, je höher die Gebühr ist, eine Lösung, die auch vom Teilnehmer als gerechter empfunden werden wird als die Weiterberechnung um starre Minuten. Im Tarif wird man weiterhin die Gebühren für ein Dreiminutengespräch angeben, um die Übereinstimmung mit dem Tarif für den handvermittelten Fernverkehr zu erhalten, der noch auf lange Zeit neben dem allmählich anwachsenden Selbstwählfernverkehr bestehen bleibt.

Soweit betrachtet, gäbe es keinen Widerstreit zwischen Technik und Tarif. Aber der Zählimpuls t a k t muß von besonderen Geräten, auf die an anderer Stelle dieses Jahrbuchs eingegangen wird, automatisch auf Grund der gewählten Ortskennzahlen bestimmt werden. Ohne die technische Ausführung dieser Geräte im einzelnen zu kennen, wird man leicht einsehen, daß ihr Umfang und ihre Zahl um so mehr ansteigen, je größer die Zahl der unterschiedlich zu erfassenden Verkehrsbeziehungen ist. Der Aufwand bemißt sich nach der Zahl der in den Geräten vorzusehenden Verzonungspunkte. Er steigt gewaltig an, wenn verlangt wird, daß von jedem der rund 3700 Ortsnetze des Bundesgebietes (vom späteren deutschen Gesamtgebiet zu schweigen) die Entfernungszone nach allen übrigen Ortsnetzen im einzelnen zu erfassen ist, wie es die gegenwärtige Gebührenberechnung erfüllt. Diese individuelle Zonenerfassung wird kurz als Feinverzonung bezeichnet. Sie ist in diesem Umfang kostenmäßig unausführbar und muß daher bei allen weiteren Überlegungen ausscheiden. Es ist die Aufgabe der Tarifgestaltung, nach einem Wege zu suchen, der die Zahl der Verzonungspunkte auf ein wirtschaftlich vertretbares Maß herabsetzt.

Dies ist nach zwei Seiten nötig. Die Zahl der Zonen, der Entfernungsstufen, darf nicht zu groß sein. Doch lassen sich die jetzigen zwölf Stufen leicht um einige vermindern. Das eigentliche Problem liegt aber darin, die Zahl der Verzonungspunkte nach einem der Technik angepaßten System derart herabzusetzen, daß die Forderung eines gerechten Tarifs nicht über die zumutbaren Grenzen hinaus erschüttert wird. Um die Tragweite dieser Frage aufzeigen zu können, muß ein wenig tiefer in das Wesen der Zonengestaltung beim Fernverkehrstarif hineingeleuchtet werden.

Der gegenwärtige Tarif gründet sich auf die Luftlinienentfernung zwischen dem Ortsnetz des Anrufenden und dem Ortsnetz des angerufenen Teilnehmers. Die Entfernung wirkt sich aber nicht kontinuierlich, sondern nach bestimmten Stufen auf die Gebühr aus. Es ist bereits gezeigt worden, daß in diesen Stufen keine Systematik liegt; sie sind

vielmehr das Ergebnis der historischen Entwicklung. Diese Zufälligkeit der Einteilung wird aber noch dadurch verschärft, daß die Entfernungsfeststellung aus praktischen Gründen nicht mit voller Genauigkeit, sondern bei Entfernungen über 25 km nach dem sogenannten Gebührenfeldverfahren ausgeführt wird, das eine rein rechnerische Feststellung gestattet. Das Gesamtgebiet Deutschlands ist zu diesem Zweck in quadratische Felder mit einer Seitenlänge von 2 Meilen oder 14,48 km eingeteilt. Das veraltete Maß deutet auf das historische Alter dieser Festsetzung hin, die zunächst für den Postpaketdienst getroffen worden war. Das Maß ist aber unerheblich, nachdem die Einteilung einmal festliegt. Die Umstellung auf kilometrische Seitenlänge würde eine erhebliche Arbeit bedeuten, ohne daß mehr als ein Schönheitsfehler beseitigt würde. Das Grundsätzliche ist, daß diese Methode Abweichungen gegenüber der tatsächlichen Luftlinienentfernung von Sprechort zu Sprechort mit sich bringt, die im äußersten Fall rd. 15 km betragen können. Prozentual betrachtet, nimmt die Abweichung oder Streuung natürlich mit der Entfernung ab (s. Bild 4). Die Einordnung der einzelnen Sprechbeziehungen in die Entfernungsstufe ist daher nicht ge-

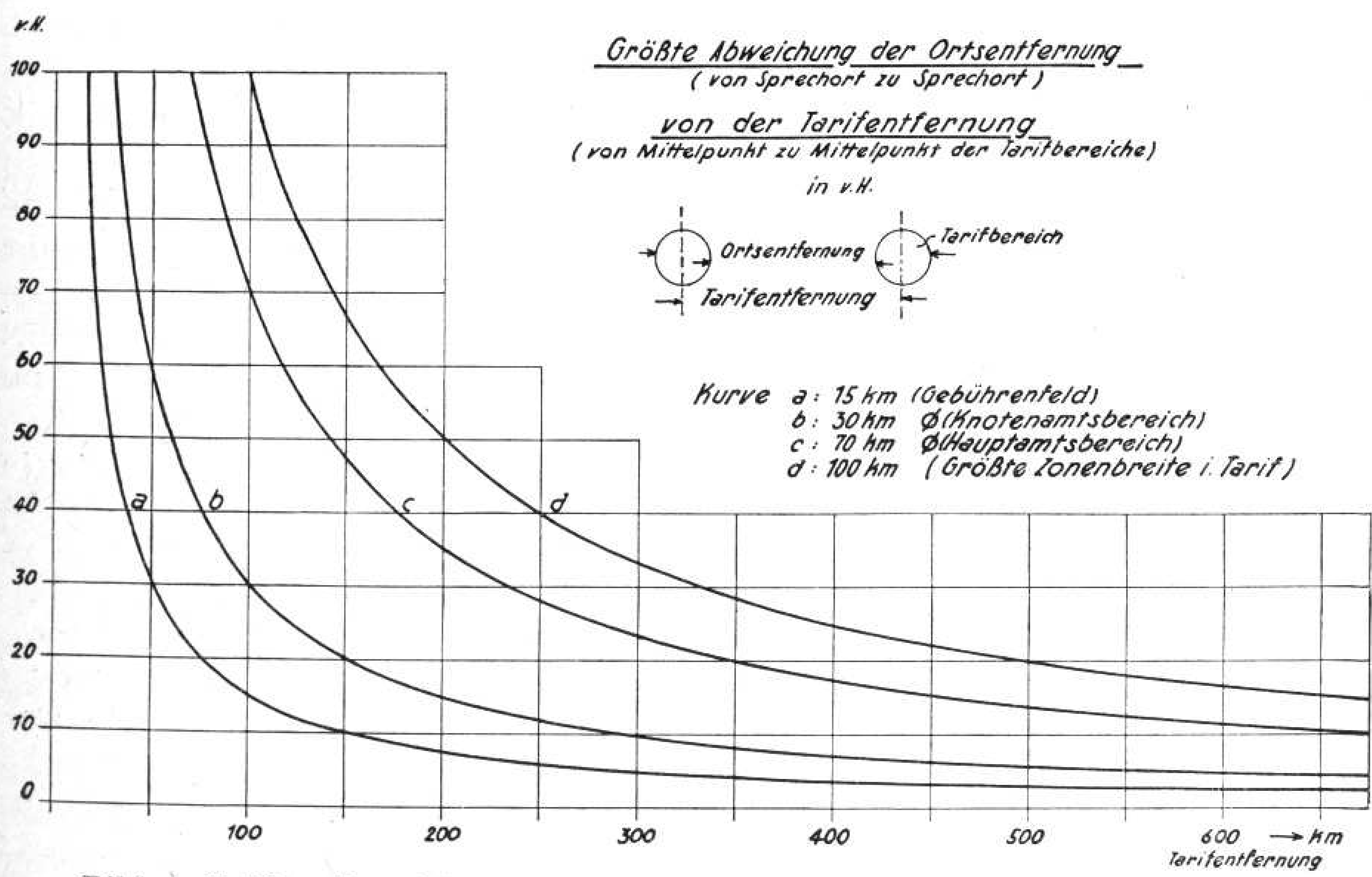


Bild 4. Größte Abweichung zwischen Ortsentfernung und Tarifentfernung.

nau. Eine Beziehung zu 85 km, die in die Fernzone V gehört, kann durch diesen Umstand in die Zone VI fallen, während eine Beziehung zu 115 km noch in die Zone V verwiesen wird. Ob solche krassen Fälle tatsächlich vorkommen, ist eine Frage der Praxis, eine Streuung um die tariflichen Grenzpunkte ist auf jeden Fall gegeben. Wenn man aber überhaupt die Abweichungen in der Entfernungsberechnung messend

beurteilt, muß man von der Voraussetzung eines Idealtarifs ausgehen, wobei sich viel weitergehende „Ungerechtigkeiten" herausstellen. Der Idealtarif wäre die kontinuierliche Entfernungsbemessung. Ein solcher Tarif wäre, bezogen auf den Wert der Leistungen für den Benutzer, der vollkommen gerechte. Betrachtet man hiergegen die wirkliche Tarifgestaltung, so nehmen die Abweichungen ganz erhebliche Maße an. Die Zonenbreite beträgt von der VI. Fernzone an 100 km und ist über 600 km unbegrenzt. Im Zusammenhang mit den geschilderten Streuungen durch das Gebührenfeldverfahren läßt sich als äußerster Fall darstellen, daß eine Beziehung zu 85 km in die Zone VI fällt, deren Reichweite auf der anderen Seite bis zu 215 km geht. Ein Gespräch über 85 km kostet also dasselbe, wie ein Gespräch über 215 km mit einer zweieinhalbfachen Entfernung, während es umgekehrt möglich ist, daß ein Gespräch über 115 km, das nach der Gebührenfeldberechnung noch in die Stufe V fällt, weniger kostet als ein Gespräch über 85 km mit Einordnung in die Stufe VI. Im Nahverkehr können noch krassere Fälle auftreten, weil die Streuung aus dem Gebührenfeldverfahren prozentual dort größere Werte annimmt.

Die Verhältnisse sind in dieser Breite dargestellt worden, um zu zeigen, daß von einer strengen Tarifgerechtigkeit schon bei dem gegenwärtigen Tarif nicht gesprochen werden kann. Wenn also bei einer künftigen Neugestaltung des Ferntarifs in Anlehnung an die Technik der Landesfernwahl größere Abweichungen unvermeidlich sind, so wäre dies grundsätzlich gesehen ohne besondere Bedeutung. Die Schwierigkeiten liegen aber auf einer anderen Ebene. Der Teilnehmer spürt nicht die Ungerechtigkeiten eines seit langem eingeführten Tarifs, aber er ist empfindlich gegen Änderungen, die sich in einer Gebührenerhöhung auswirken. Unter diesem Gesichtspunkt ist das Problem zu betrachten.

Die von der Technik verlangte Verringerung der Verzonungspunkte läßt sich nur dadurch erreichen, daß die tarifliche Entfernung nicht mehr von Ort zu Ort, sondern von Gebiet zu Gebiet, und zwar von deren Mittelpunkten berechnet wird. Nach der geplanten Netzgestaltung auf Grund des Kennzahlensystems, das alle Orte innerhalb des Bundesgebiets und des späteren vereinigten Deutschlands umfaßt, ist das kleinste Gebiet der Zusammenfassung der Knotenamtsbereich. Natürlich schwankt die Größe dieses Bereichs nach der geographischen und wirtschaftlichen Struktur. Da im Mittel etwa 10 Ortsnetze an ein Knotenamt angeschlossen werden, läßt sich der mittlere Durchmesser eines Knotenamtsbereichs aus der Gesamtfläche des Bundesgebiets zu rund 30 km berechnen. Aus Bild 4 läßt sich ablesen, welche prozentualen Abweichungen sich ergeben, wenn für alle Orte eines Knotenamtsbereiches die Entfernung nicht mehr von Ort zu Ort, sondern von Knotenamt zu Knotenamt zugrunde gelegt wird. Die Abweichung wird bei größeren Entfernungen unbedeutend. Es läßt sich daher eine weitere Verringerung der Zonenpunkte erzielen, wenn bei Entfernungen von mehr als 100 km der nächst größere Bereich, der Hauptamts-

bereich, als Ausgangspunkt genommen wird. Dieser Bereich umfaßt im Mittel etwa 7 Knotenamtsbereiche, der mittlere Durchmesser ergibt sich zu rund 70 km. Die möglichen Abweichungen sind in Bild 4 ebenfalls dargestellt; sie sind, für sich gesehen, nicht größer als die der größten Zonenbreite im Tarif. Der Knotenamtstarif bis zu 100 km, der Hauptamtstarif auf größere Entfernungen — diese Lösung ist für die Forderungen der Technik die wünschenswerte.

Bei Beurteilung der möglichen Abweichungen muß bedacht werden, daß die Streuungen sich zu den Streuungen der Zonenbreite und des Gebührenfeldes addieren. Sie nehmen daher gegenüber dem „gerechten" Entfernungstarif ganz beträchtliche Ausmaße an. Sie lassen sich etwas vermindern, wenn man, wenigstens im Hauptamtstarif, das Gebührenfeldverfahren fallen läßt. Es handelt sich um die Entfernungen zwischen rund 65 großen Orten. Für die Zahl der sich daraus ergebenden Entfernungsbeziehungen können die Berechnungen aus der geographischen Länge und Breite der Orte durchgeführt werden, eine nur einmalig nötige Arbeit. Im übrigen muß daran erinnert werden, daß nicht die Abweichungen gegenüber dem „gerechten", sondern gegenüber dem gegenwärtig gültigen Tarif zur Wirkung kommen.

Bei der nun nötigen Untersuchung in dieser Hinsicht kann die Berechnung nach dem Hauptamtstarif, die erst bei Entfernungen von mehr als 100 km zwischen den Knotenämtern einsetzt, als unbedenklich ausgeschieden werden. Sie bringt nur Abweichungen, die höchstens eine Tarifstufe, d. s. gebührenmäßig 45 Pfg., ausmachen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch die genaue Erfassung der Gesprächsdauer dieses Ausmaß gemildert wird und vom Anrufer bewußt gemildert werden kann. Der Knotenamtstarif dagegen bedarf einer genaueren Prüfung in Bezug auf zwei Auswirkungen, in denen die auftretenden Gebührenverschiebungen eine Größe annehmen, die nicht ohne weiteres als zumutbar bezeichnet werden kann. Diese Fälle sind der Verkehr innerhalb des Knotenamtsbereichs und der Verkehr benachbarter Orte, die verschiedenen Knotenämtern angehören.

a) Verkehr innerhalb des Knotenamtsbereichs.

Die erzielbaren technischen Vereinfachungen drängen darauf hin, den Verkehr der innerhalb eines Knotenamtsbereichs gelegenen Orte nach einer einheitlichen Gebühr zu tarifieren. In der Regel spielt sich der weitaus überwiegende Teil des Verkehrs mit dem Hauptort, dem Sitz des Knotenamtes ab, an das alle übrigen Orte, die Endämter, angeschlossen sind. Der Hauptort hat grundsätzlich eine zentrale Lage, wenn sich auch je nach den geographischen und wirtschaftlichen Verhältnissen Abweichungen ergeben. Für den Verkehr mit dem Hauptort sind daher die Entfernungen nicht sehr unterschiedlich, so daß die beabsichtigte Einheitsgebühr hier kaum zu Beanstandungen führen wird. Für den Verkehr der Endämter untereinander muß aber mit großen Entfernungsunterschieden gerechnet werden, zumal die Knotenamts-

bereiche oft eine längliche Ausdehnung haben. So ergeben sich Entfernungen, die nach dem gegenwärtigen Tarif in die vier ersten Zonen (Nahzone und Fernzone I bis III) fallen. Die Dreiminutengebühren liegen mithin zwischen 30 und 90 Pfg. Es ist zwar nicht schwer, für den Gesamtverkehr im Knotenamtsbereich eine Mittelgebühr festzusetzen, die insgesamt keine größere Belastung ergibt als bisher. Diese Gebühr wird Werte um 50 Pfg. herum annehmen, muß aber aus den geschilderten tariftechnischen Gründen auf einen durch 15 teilbaren Betrag, das wäre 45 Pfg., festgesetzt werden. Für die Bundespost bedeutet dies einen Einnahmeverlust, der den Ersparnismöglichkeiten bei der Technik gegenüberzustellen ist. Von der Benutzerseite gesehen, wird der Wegfall der Nahzone zu 30 Pfg. fühlbar. Jedes Gespräch, das innerhalb des Bereichs nicht als Ortsgespräch abgewickelt werden kann, würde demnach 45 Pfg. für 3 Minuten kosten. Die Gebühr läßt sich im Einzelfalle bei entsprechender Kürzung der Zeit auf 15 oder 30 Pfg. vermindern, doch wird dies nicht als genügender Ausgleich empfunden werden, wenn eine starke Verkehrsbeziehung zwischen nahe gelegenen Orten davon betroffen wird. Die Nahbeziehungen sind aber stets die stärksten. Wenn auch im allgemeinen sich Mehr- und Mindergebühren ausgleichen, kann im Einzelfall, wo der Verkehr überwiegend zwischen den benachbarten Orten verläuft, dieser Ausgleich ausbleiben. Die Orte fühlen sich dann benachteiligt.

Um das Ausmaß dieser Fälle richtig beurteilen zu können, muß allerdings berücksichtigt werden, daß große Orte hiervon nicht betroffen werden, weil sie durchweg Sitz eines Knotenamtes sind. Bezogen auf den gesamten Fernverkehr ist der derart betroffene Verkehr unbedeutend, es werden vielleicht 5 v. H. berührt. Aber für den einzelnen Ort und den einzelnen Teilnehmer kann es sich um den Hauptanteil des Fernverkehrs handeln. Von der Regel abweichende Verhältnisse liegen in dem dicht besiedelten rheinisch-westfälischen Industriegebiet vor. Hier ist nicht jeder große Ort Sitz eines Knotenamtes; der Nahverkehr ist außerordentlich stark und erschwert die schematische Anwendung eines Einheitstarifs. Die schwierige Aufgabe ist es abzuwägen, ob zugunsten einer Vereinfachung und Verbilligung des Selbstwählfernverkehrs, der den Teilnehmern den hocheingeschätzten Vorteil der jederzeitigen sofortigen Gesprächsherstellung bringt, die Nachteile einer einseitigen Mehrbelastung verhältnismäßig weniger Teilnehmer in Kauf genommen werden können. Wird die Frage verneint, so muß die kostspielige Feinverzonung innerhalb des Knotenamtsbereichs beibehalten werden. Wird die Frage bejaht, so kann die Technik ihre Vereinfachungsmöglichkeiten ausnutzen. Bei dieser Alternative drängt sich die Frage auf, ob die betroffenen Verkehrsbeziehungen nicht auf eine andere Weise entschädigt werden können. Dies könnte z. B. dadurch geschehen, daß auf die Fernsprechrechnungen ein anteiliger Abzug gewährt wird, der sich von Jahr zu Jahr verringerte und allmählich abbaute. Dieses Verfahren würde den Rechnungsdienst mit unerwünschten Sonderrechnungen belasten, würde jedoch den Teilnehmern den

Übergang erleichtern. Der Weg bliebe zu überlegen, wenn sonst eine brauchbare Lösung nicht gefunden werden kann. Er würde wenigstens der Technik den freien Entwicklungsweg eröffnen. Stellt sich aber heraus, daß die Mehrkosten der Feinverzonung im Knotenamtsbereich nicht wesentlich größer sind als die Einnahmeverluste durch die zwangsläufig zu niedrig bemessene Mittelgebühr, so wird unbedingt die Feinverzonung vorzuziehen sein, weil sie alle Beanstandungsfälle vermeidet.

b) Nachbarorte, die verschiedenen Knotenamtsbereichen angehören.

Obwohl die Knotenamtsbereiche so gegeneinander abgegrenzt werden, daß die Verkehrslage, die sich aus den wirtschaftlichen und kulturellen Beziehungen ergibt, stärkstens berücksichtigt wird, wird es nicht zu vermeiden sein, daß gelegentlich benachbarte Orte mit starkem gegenseitigen Verkehr verschiedenen Knotenämtern zugewiesen werden müssen. Das hat zur Folge, daß ein Gespräch zwischen diesen Orten künftig nach der Entfernung zwischen den zugehörigen Knotenämtern berechnet wird, die in jedem Falle größer ist als die unmittelbare. Auch hier werden kaum große Orte betroffen, weil diese stets der Mittelpunkt einer Verkehrszusammenfassung sind, wo Knotenämter errichtet werden. Besonders in Industriegegenden ist es gleichwohl nicht ausgeschlossen, daß Orte mit lebhaftem Verkehr untereinander auf diese Weise getrennt werden. So können sich Härten ergeben, weil es unvermeidbar ist, daß bei ungünstiger Lage der Knotenämter die Gebühr von 30 auf 45, 60 und 90 Pfg., ja vereinzelt sogar auf 1,35 DM steigt. Da es, insgesamt betrachtet, ebenso viel Fälle gibt, in denen die bisherigen Gebühren sich vermindern, erzielt die Bundespost aus diesen Gebührenänderungen keine Mehreinnahmen. Auch für viele Orte wird sich die Mehrbelastung in einigen Beziehungen gegen die Gebührenermäßigung in anderen Beziehungen ausgleichen, was allerdings nicht ohne weiteres für den einzelnen Teilnehmer gilt. Aber es wird manche Orte geben, bei denen gerade der überwiegende Teil des Nahverkehrs von einer Erhöhung betroffen wird, die wegen der schwachen Beziehungen in anderer Richtung unausgeglichen bleibt. Die Teilnehmer in diesen Orten werden es kaum als Trost empfinden, daß die ihnen zugemutete Mehrbelastung nicht der Post, sondern anderen Teilnehmern zugute kommt.

Einen Ausgleich für diese Härten zu finden, ist wohl die schwierigste Aufgabe, die die Technik bei der Landesfernwahl der Tarifgestaltung stellt. Bei einem Tarif, der die Entfernung nicht von Sprechort zu Sprechort, sondern von einem Gebietsbereich zu einem anderen mißt, gibt es keine grundsätzliche Vermeidung solcher Härten. Es ist denkbar, daß in vereinzelten Fällen durch eine andere Zuteilung geholfen werden kann. Doch wird dies selten möglich sein, weil die Verkehrslage bei der ersten Einteilung bereits gebührend berücksichtigt worden ist. Oft handelt es sich auch um Fälle, in denen der Verkehr eines

Ortes zu beiden nächstgelegenen Knotenämtern neigt. Bei der bisherigen Netzgestaltung im Fernverkehr wurde diesen Orten ein Zweitausgang zu einem anderen Überweisungsfernamt gegeben, wodurch zwar nicht tariflich, aber für die Verkehrslenkung ein Ausgleich geschaffen wurde. Zweitausgänge passen in das Kennzahlensystem der Landesfernwahl nicht hinein, weil es hier nicht auf die Verkehrslenkung, sondern auf die selbsttätige Gebührenerfassung ankommt. Doch könnte man den Orten neben der für den allgemeinen Fernverkehr bestimmten Kennzahl eine weitere zuteilen, die einen Querverbindungsweg zwischen ihnen eröffnet und eine entsprechende abweichende Gebührenerfassung bewirkt. Die Durchbrechung des für die Landesfernwahl klar und übersichtlich aufgebauten Kennzahlenplans wäre nicht erfreulich. Sie stellt größere Ansprüche an die Vorüberlegungen des Teilnehmers bei der Wahl der Ortskennzahl und vermehrt die Irrtümer. Auch technisch entstehen Mehraufwendungen, die sehr erheblich werden können, wenn die hierfür erforderlichen zusätzlichen Kennzahlen im Rahmen des Gesamtkennzahlenplans nicht mehr verfügbar sind. Man könnte auch an eine technische Lösung denken, bei der die abweichende Tarifierung des Verkehrs zwischen den Nachbarorten aus den Kennzahlen der beiden Orte heraus rein selbsttätig erfaßt und bewirkt wird. Der Mehraufwand überstiege aber das Zulässige. Erschwerend ist für die ganze Regelung dieser Frage, daß nicht alle Härtefälle im einzelnen vorausgesehen werden können, sondern sich erst aus der Erfahrung ergeben. Das hat zur Folge, daß eine langwährende Unruhe in die Tarifgestaltung hineingebracht wird, die zu ununterbrochenen Auseinandersetzungen führt. Das gilt besonders dann, wenn keine klaren gesetzlichen Richtlinien für die Regelung der Härtefälle getroffen werden können, denn die günstige Entscheidung im einen Falle wird sofort Berufungen und Ansprüche in ähnlichen Fällen erzeugen. Das ist weder für die Verwaltung noch für die Teilnehmer ein erfreulicher Zustand.

Die geschilderten Probleme würden sich wesentlich erleichtern, wenn mit der Einführung der Landesfernwahl eine allgemeine Gebührensenkung, wenigstens im Nahbereich, wo sich die Härtefälle zeigen, verbunden werden könnte. Damit würden die Ungleichheiten sich nur in einer fehlenden Gebührenherabsetzung, nicht aber in einer Gebührenerhöhung auswirken, was die Widerstände psychologisch vermindert. Leider sind die Hoffnungen gering, weil die Senkungsmöglichkeiten, die sich bei der Kostenuntersuchung ergeben könnten, vorweg schon durch die Steigerung der Sachausgaben und der Personalausgaben aufgewogen sind, es müßte denn sein, daß die Kostenuntersuchungen eine Verbilligung des Nahverkehrs zu Lasten des Weitverkehrs empfehlen. Ob die zu erwartende Verkehrssteigerung bei allgemeiner Gewährung des Sofortverkehrs ein Tor zur Verbilligung öffnet, muß erst die Zukunft lehren. So bleiben zunächst die Gegensätze zwischen Tarif und Technik unausgeglichen. Die Härten vollständig auszuschalten, gelingt nur, wenn die allgemeine Feinverzonung im Nahbereich in Anlehnung an den bisherigen Tarif beibehalten wird. Diese

Lösung würde näher gerückt werden, wenn sie sich innerhalb des Knotenamtsbereichs als kostenmäßig tragbar erwiese. Die bisherigen Untersuchungen lassen den technischen Mehraufwand noch als zu hoch erscheinen. Wenn sich nicht neue Lösungen bieten, muß der Weg des Einzelausgleichs mit allen seinen Schattenseiten beschritten werden. Bei der Tragweite der Entscheidungen liegt es nahe, daß der künftige Tarif nicht auf theoretischem Wege endgültig festgelegt wird, sondern daß erst aus der kommenden Entwicklung heraus die Lösungsmöglichkeiten erkannt werden und danach der Tarif aufgebaut wird. Die Voraussetzungen dazu sind gegeben, weil die Landesfernwahl nicht mit einem Schlage, sondern nur im Zuge einer vieljährigen Entwicklung durchgeführt werden kann.

c) Lösungen im Ausland.

Für die Lösung der Probleme kann es förderlich sein, einen Blick auf ausländische Verwaltungen zu werfen, die den Selbstwählfernverkehr bereits in größerem Umfang eingeführt haben und dabei naturgemäß auf dieselben Fragen gestoßen sind. Dafür kommen zur Zeit die Schweiz und Holland in Betracht. Es ist bemerkenswert, daß beide Länder nicht dieselben Wege gegangen sind, woraus sich zeigt, daß die Besonderheiten der Landesentwicklung die Problemstellungen und die Lösungen verlagern. In beiden Ländern ist zudem der kleinere Gebietsumfang der Ausführung günstiger, so daß die Ergebnisse nur bedingt auf das Bundesgebiet anwendbar sind.

Die Schweiz hat das Landesgebiet in 51 Bereiche eingeteilt, die etwa die Mitte zwischen dem Knotenamtsbereich und dem Hauptamtsbereich im deutschen Bundesgebiet halten. Innerhalb dieser Bereiche gilt eine einheitliche Gebühr, von Bereich zu Bereich die Gebühr zwischen den betreffenden Hauptämtern. Es ist bedeutungsvoll, daß dieses Tarifschema auf starke Einsprüche durch einseitig betroffene Benutzer gestoßen ist. Die Folge ist, daß zahlreiche Verkehrsbeziehungen aus dem allgemeinen System herausgenommen worden sind und mit besonderer Kennzahl über Querverbindungen abgewickelt werden können. In einem Bericht werden die Ausnahmetaxen mit 2,7 v. H. der gesamten Taxänderungen angegeben. Bei der Gebührenfestsetzung werden alle Verkehrsbeziehungen so gegeneinander ausgewogen, daß eine Mehrbelastung des Ortes, u. U. auch des einzelnen Teilnehmers, vermieden wird.

In Holland ist ebenfalls die Tarifierung von Knotenamt zu Knotenamt eingeführt; doch gibt es dort, soweit bekannt geworden ist, keine Ausnahme von diesem Grundtarif. Die holländische Verwaltung sucht Härten dadurch auszugleichen, daß nicht immer der Ort des Knotenamts, sondern der Verkehrsschwerpunkt als Ausgangspunkt für die Entfernungsberechnung zugrunde gelegt wird.

Es wird Aufgabe der Deutschen Bundespost sein, die Verhältnisse und Erfahrungen in diesen Ländern noch eingehender zu studieren, um Rückschlüsse auf die Tarifgestaltung im Bundesgebiet zu gewinnen.

K. Herz

Zur Ausbreitung des Fernsprechers im Gebiet der Deutschen Bundespost

Allgemeines

Deutschland steht immer noch vor der Aufgabe, sein durch Kriegs- und Nachkriegs-Einwirkung stark in Unordnung geratenes Fernsprechsystem technisch wieder in Ordnung zu bringen und dem durch wirtschaftliche, politische und bevölkerungsmäßige Umschichtung völlig geänderten Fluß des Fernsprechverkehrs anzupassen. Gleichzeitig aber sieht es sich vor die unausweichliche Notwendigkeit gestellt, steigende Anforderungen auf Anschluß neuer Teilnehmer zu erfüllen, d. h. Erweiterungen bestehender oder Errichtung neuer Fernsprechanlagen durchzuführen. Den Finanzbedarf für beides zugleich zu befriedigen, ist bei der Lage auf dem deutschen Kapitalmarkt eine nicht ganz einfache Aufgabe. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, die zum Teil seit Jahren auf der „Warteliste" verzeichneten Anträge auf Einrichtung neuer Fernsprechanschlüsse zu erfüllen, obwohl die zur Verfügung stehenden Investitionsgelder in erster Linie hierfür eingesetzt und die Herrichtung der Leitungsnetze und Gebäude in einem nicht mehr weiterhin vertretbaren Maße vernachlässigt wurde. Gar zu leicht wird in einer solchen Lage der Wunsch zur Verringerung des dringendsten Investitionsbedarfes zum Vater des Gedankens, daß der stete Zugang neuer Anträge für Fernsprechanschlüsse eine vorübergehende Erscheinung oder gar eine ungesunde Konjunktur in Deutschland sei und daß er in Bälde aufhören werde. Dann würden, so hofft man, automatisch Gelder für die Netze und Gebäude frei.

Es ist hier nicht der Platz, um den Finanzbedarf im einzelnen zu schildern. Wohl aber besteht wesentlicher Anlaß zu einigen Untersuchungen über die Ausbreitung des Fernsprechers im Bundesgebiet und anderen Ländern, um aus ihnen zu erkennen, ob in Deutschland mit einem baldigen Aufhören des Zugangs neuer Fernsprechstellen zu rechnen ist.

Die Gesamtzahl der Sprechstellen

Zu den Sprechstellen im Sinne dieser Betrachtungen zählen nicht nur die Hauptanschlüsse — das sind beim Teilnehmer installierte Fernsprechapparate, die mit einer nur für ihren ausschließlichen Ge-

brauch vorgesehenen Anschlußleitung an die Vermittlungsstelle des Öffentlichen Fernsprechnetzes herangeführt sind und in der Vermittlungsstelle über ein ausschließlich ihrem Zweck dienendes Anschlußorgan verfügen —, vielmehr gehören dazu auch Mehrfachanschlüsse. Hängen z. B. an einer Fernsprechanschlußleitung 2 oder 4 Fernsprechapparate, so zählen diese als 2 oder 4 Sprechstellen. Ebenso gehören zu den Sprechstellen im Sinne dieser Ausführungen auch die „Nebenanschlüsse", das sind solche Fernsprechapparate, die vorzugsweise für den Verkehr innerhalb eines Wirtschaftsunternehmens oder einer Verwaltungsstelle eingerichtet sind, jedoch mit Hilfe einer Vermittlungseinrichtung auch zum Öffentlichen Netz Zugang haben. Ausgenommen sind dagegen private Fernsprecheinrichtungen, die keinen Zugang zum Öffentlichen Netz haben, sondern ausschließlich dem internen Verkehr innerhalb eines Unternehmens auf demselben Grundstück (Hausstelle) oder unter gewissen Voraussetzungen auch auf verschiedenen Grundstücken dienen (Privatfernmeldeanlagen, wie solche der Bahn, Versorgungsbetriebe u. ähnl.). Hilfsapparate wie zweite Hörer u. ähnl. bleiben gleichfalls außer Betracht.

Es gab am 1. Januar 1951 rund 74,8 Millionen Fernsprechstellen in der Welt, die am öffentlichen Verkehr teilnehmen. Es ließe sich hieraus also in den rund 75 Jahren der Entwicklung ein jährlicher Zugang von fast genau 1 Million Sprechstellen errechnen. Natürlich ging die Entwicklung nicht so gleichmäßig vor sich. Wirtschaftliche Krisenzeiten hemmten die Ausbreitung, und in Zeiten aufsteigender Wirtschaftskonjunktur wurde der Rückstand wieder aufgeholt. Wer aber annehmen wollte, daß im Trend die Entwicklung zunächst rascher und nach einem gewissen Grade der Sättigung langsamer verlaufen wäre, fiele einem großen Irrtum anheim. Allein im Jahre 1950 (eine neuere Zählung liegt noch nicht vor) betrug der Zugang in der Welt mit 4,5 Millionen Sprechstellen 6,4 %, im Jahr vorher betrug er 7 %. Auch die allgemeine Überlegung führt zu dem Ergebnis, daß das Bedürfnis zur Einrichtung eines Fernsprechanschlusses für ein Wirtschaftsunternehmen, eine Behörde oder auch für einen Privatmann um so mehr steigt, je größer die Zahl von Menschen ist, die man mit Hilfe des Fernsprechers überhaupt (und zu jeder beliebigen Zeit) erreichen kann. Es ist — mit anderen Worten — uninteressant, über einen Fernsprechanschluß zu verfügen, wenn man nur einen geringen Teil seiner geschäftlichen oder privaten Partner damit erreichen kann; ein Fernsprechanschluß wird aber immer wertvoller, je dichter die Ausbreitung des Fernsprechers in einer Stadt, einem Land oder sogar in der ganzen Welt ist. Solange also eine Annäherung an eine „Sättigungsgrenze" noch nicht erreicht wurde, wird der absolute Zugang neuer Fernsprechanschlüsse in immer steiler ansteigender Zeitkurve verlaufen müssen. Zwar spielt auch das Einbürgern eines modernen technischen Mittels für sich allein schon eine die Entwicklung antreibende Rolle, so wie dies beim Rundfunk, beim Staubsauger, bei der Schreibmaschine usw. der Fall ist. Beim Fernsprecher aber ist hier festzuhalten, daß sein

direkter Nutzungswert mit der Zahl der erreichbaren Fernsprechanschlüsse immer mehr ansteigt, ohne daß die Herstellungskosten oder die laufenden Aufwendungen dafür steigen.

Nach diesen Überlegungen ist es also auch erklärlich, daß z. B. auf das letzte Drittel des zeitlichen Ablaufes bei der Ausdehnung des Fernsprechers, d. h. etwa vom Ende des Jahres 1926 ab, nahezu 60 % der Ausbreitung des Fernsprechers entfallen. In der Welt gab es Ende 1926, also rund 50 Jahre nach Einführung des Fernsprechers 29,5 Millionen Sprechstellen gegenüber 74,8 Millionen 25 Jahre später.

In den Vereinigten Staaten entfallen 58,7 %,
in England . . . . 72,0 %,
in Frankreich . . . . 66,0 %

auf das letzte Zeitdrittel bei der Ausbreitung des Fernsprechers.

Dabei ist der selbstverständliche Umstand zu erwähnen, daß die Ausbreitung des Fernsprechers eines bestimmten Landes mit seiner wirtschaftlichen Entfaltung Hand in Hand geht.

In der Tabelle I sind die Zahlen für die Erdteile angegeben. Weitaus der größte Anteil der Fernsprechstellen der Erde entfällt auf Nord-Amerika und Europa, während die übrigen Erdteile weit zurück sind.

Tabelle I

Verteilung der Fernsprechstellen auf die Erdteile

(1. Januar 1951)

Erdteil	Anzahl der Fernsprechstellen	%	Fernsprecher auf 100 Einwohner
Nordamerika	45.933.800	61.4	27.5
Mittelamerika	555.000	0,7	1.1
Südamerika	1.815.000	2,4	1.6
Europa	21.300.000	28.5	3.5
Afrika	895.200	1.2	0.5
Asien	2.655.000	3.6	0.2
Australien	1.646.000	2.2	11.9
Erde	74.800.000	100.0	3.1

In der Tabelle II ist die Ausbreitung des Fernsprechers seit 1900 in einigen typischen Ländern für sich angegeben.

Sieht man von einer leichten Beeinträchtigung der Entwicklung in den wirtschaftlichen Krisenjahren zwischen 1930/32 ab, die besonders in den USA und in Deutschland verspürbar war, so ist ein fast ununterbrochener und stetig rascher werdender Zugang zu verzeichnen. Zu keiner Zeit war in einem 5-Jahres-Zeitraum der Anstieg so steil wie in den Jahren nach 1945. (Die in der Tabelle angegebenen Zahlen für Deutschland sind dabei nur mit einer gewissen Einschränkung anwendbar. Sie sind für die Zeit nach 1938 auf das ursprüngliche Reichsgebiet zurückgerechnet, enthalten also nicht die in den Jahren zwischen 1938 und 1945 in den Geschäftsberichten der Deutschen Reichspost enthal-

Tabelle II

Entwicklung des Fernsprechers in einigen Ländern

(Zahl der Sprechstellen in Tausend)

Jahresende	USA	Gr.-Brit.	Frankreich	Schweiz	Deutschland (ab 1946 Gebiet d. Bundesrepublik)
1900	1.356	.200	71	42	303
1905	4.127	.406	150	.	620
1910	7.635	.640	233	79	1.069
1915	10.523	.803	360	98	1.394
1920	13.411	.980	473	.152	1.810
1925	16.936	1.402	737	.200	2.588
1926	17.746	1.521	819	.210	2.688
1927	18.523	1.644	883	.226	2.815
1928	19.341	1.768	966	.247	2.950
1929	20.233	1.896	1.056	.271	3.204
1930	20.202	1.996	1.141	.	3.247
1931	19.708	2.069	1.229	.324	3.114
1932	17.424	2.137	1.293	.346	2.960
1933	16.711	2.225	1.350	.364	2.954
1934	16.969	2.388	1.400	.383	3.134
1935	17.424	2.579	1.441	.400	3.270
1936	18.433	2.827	1.482	.412	3.431
1937	19.453	3.050	1.553	.431	3.624
1938	19.953	3.235	1.590	.450	3.824
1939	20.831	3.339	1.623	.462	3.940
1940	21.928	3.311	.	.474	4.400
1941	23.521	3.316	.	.498	4.640
1942	24.919	3.536	.	.530	4.745
1943	26.381	3.764	.	.568	4.452
1944	26.859	3.889	.	.605	.
1945	27.867	3.937	1.913	.645	.
1946	31.611	4.319	1.997	.698	1.494
1947	34.867	4.653	2.109	.745	1.700
1948	38.205	4.919	2.233	.795	1.856
1949	40.665	5.171	2.319	.845	2.113
1950	43.004	5.434	2.406	.896	2.393

tenen Sprechstellen fremder Gebiete. Die Zahlen ab 1946 beziehen sich nur auf den räumlichen Bereich der Bundesrepublik, also ohne Berlin und das Gebiet der DDR.)

Um die Übersicht über die Entwicklung in den in der Tabelle II enthaltenen Ländern zu erleichtern, sind in Bild 1 dieselben Zahlen nochmals dargestellt, und zwar ist die in jedem Land im Jahre 1926 vorhandene Sprechstellenzahl (Beginn des letzten Entwicklungsdrittels) gleich 100 gesetzt. Man sieht daraus, daß sich z. B. in Großbritannien, Frankreich und der Schweiz der Fernsprecher von 1926 ab wesentlich schneller entwickelt hat als in Deutschland. Da diese Feststellung für sich allein, d. h. ohne die Berücksichtigung der Bevölkerungszahl in diesen Ländern, nicht allzuviel aussagt, sei sie hier zunächst nur erwähnt.

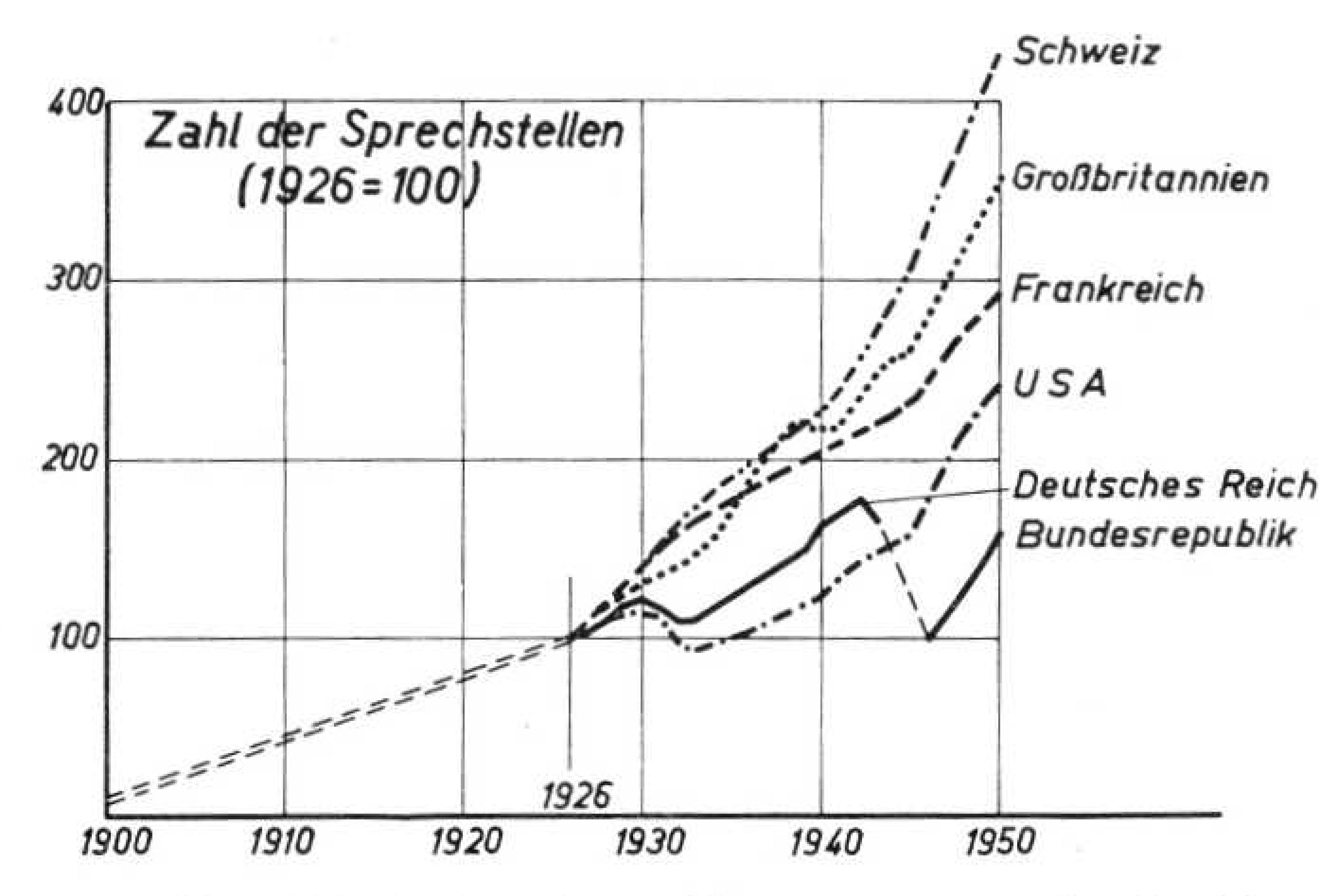


Bild 1. Entwicklung des Fernsprechers nach 1926

Die Dichte der Fernsprechstellen

Wenn man die Ausbreitung des Fernsprechers und seine Verteilung auf die einzelnen Länder einer kritischen Betrachtung unterziehen will, wird man sich zunächst über den anzulegenden Vergleichsmaßstab einigen müssen. Die absolute Zahl der eingerichteten Sprechstellen sagt hierbei für sich allein nichts aus. Es können wohl zwei Länder die gleiche Gesamtzahl aufweisen, und doch bleibt das eine Land hinter dem anderen in der Wertigkeit seines Fernsprechsystems weit zurück, z. B. dann, wenn sich diese gleiche Zahl von Sprechstellen auf eine wesentlich größere Bevölkerungszahl oder -fläche bezieht.

Es hat sich allgemein herausgebildet, daß man beim Vergleichen der Ausbreitung des Fernsprechers in einzelnen Ländern die Zahl der Sprechstellen auf je 100 Einwohner zugrunde legt. Auch der internationale Fernmeldeverein führt in seiner Weltfernsprechstatistik diese Zahl als wesentliche Vergleichszahl an. Im weiteren Lauf dieser Abhandlung ist dieser Begriff, nämlich die Zahl der Sprechstellen auf je 100 Einwohner des Landes, als Sprechstellendichte bezeichnet. Natürlich sagt diese Zahl noch nicht alles aus. Insbesondere wird auch die wirtschaftliche Struktur des Landes, die Bevölkerungsdichte selbst und die Verteilung der Bevölkerung auf Stadt und Land bei einem Vergleich der Sprechstellendichten verschiedener Länder in Betracht zu ziehen sein. Für eine allgemeine Darstellung dürfte sie trotzdem den besten Maßstab bilden.

Betrachten wir zunächst, welches die Sprechstellendichte heute im Gebiet der deutschen Bundesrepublik ist, und wie sie sich seit Bestehen des Fernsprechers entwickelt hat (Bild 2, s. Fußnote *). Bis zum Beginn des ersten Weltkrieges nahm die Kurve der Sprechstellendichte einen immer steileren Anstieg. Dieser wurde unterbrochen in den Kriegsjahren 1914—1918. Alsbald aber folgte die Entwicklung einem

*) Die Zahlen dieser Darstellung sind entnommen aus dem Anhang zur „Geschichte der Deutschen Post“ Teil 3, von Dr. Sautter.

noch steileren Ansteigen, um bis zum Jahre 1924 den durch den Ausfall im ersten Weltkrieg entstandenen Rückstand aufzuholen. Ab 1924 bis 1929 ist dann wieder die etwa seit 1905 vorhandene zahlenmäßige Entwicklung zu erkennen. Es kam die Wirtschaftskrise zwischen 1930 und 1933, die die aufstrebende Entwicklung unterbrach. Die Zahl der Sprechstellen fiel von 3,25 auf 2,95 Millionen und demzufolge die Sprechstellendichte von 5,05 auf 4,53. Aber schon im Jahre 1933 stellt sich derselbe Anstieg in der deutschen Sprechstellendichte wieder ein. Er dauert an bis zum Jahre 1942, wo er mit einem Höchststand von 6,7 infolge der Kriegsereignisse plötzlich abbricht.

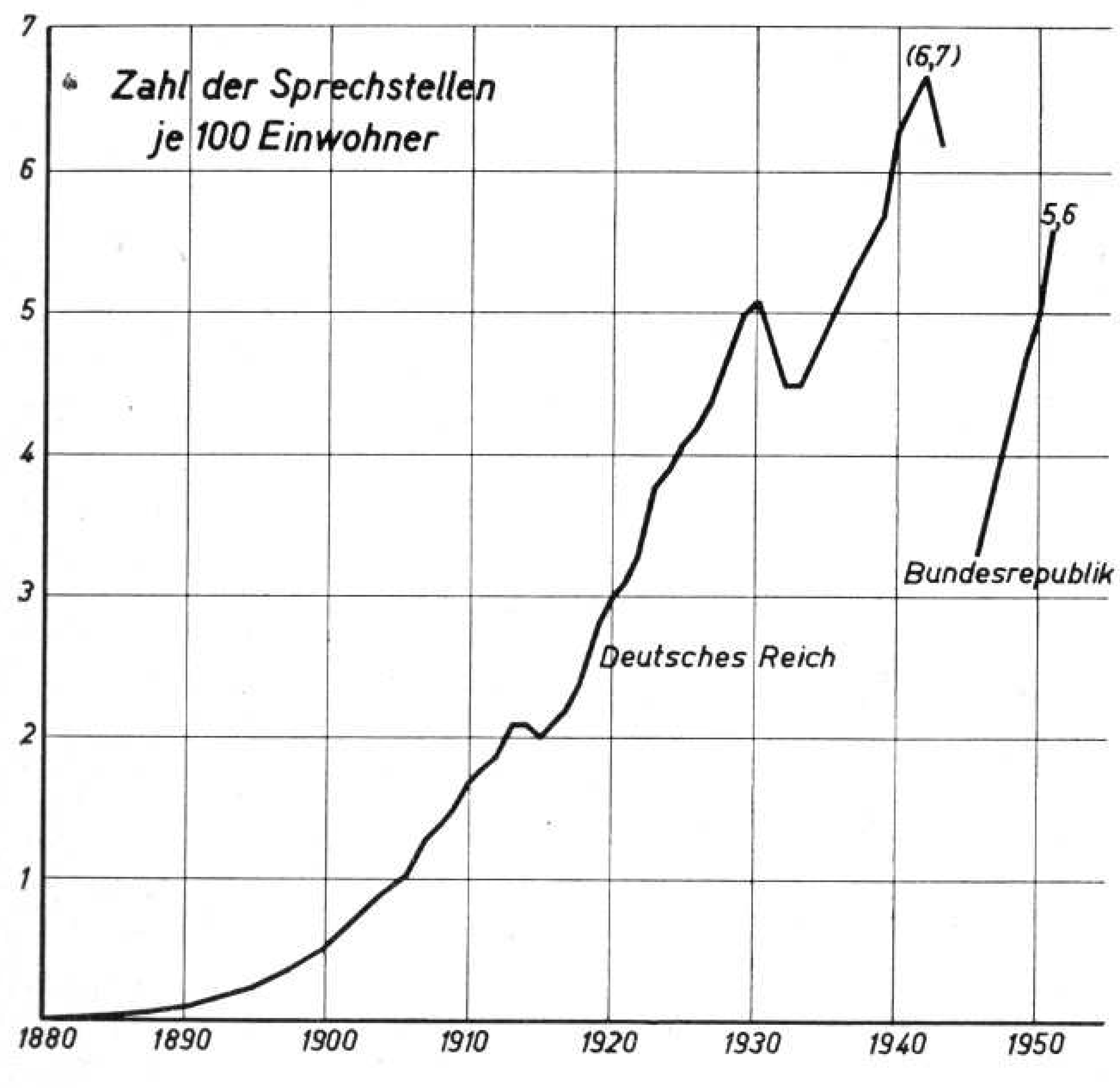


Bild 2. Entwicklung der Sprechstellendichte im Deutschen Reich und in der Deutschen Bundesrepublik

Nach dem Kriege zeigt die erste greifbare Statistik für das Gebiet der Bundesrepublik Ende 1946 eine Sprechstellendichte, die der des Jahres 1922 entspricht. Der Wiederaufbau führt dann bis zum 31. März 1952 wieder zu 5,6 Sprechstellen auf 100 Einwohner. Die drei Ereignisse: Erster Weltkrieg, Wirtschaftskrise und zweiter Weltkrieg haben die Entwicklung zwar jeweils jäh unterbrochen, doch zeigt der Verlauf der Kurve eindeutig einen immer stärkeren Anstieg der Teilabschnitte.

Vergleicht man nun Deutschland mit einigen anderen europäischen Ländern, so kommt man zu folgendem Ergebnis (Bild 3): Bis zum Jahre 1930 lag Deutschland über Großbritannien und Frankreich. In diesem Jahr beträgt sein Vorsprung gegenüber Großbritannien etwa 20 %, gegenüber Frankreich etwa 80 %. In der nun einsetzenden Wirtschaftskrise wird Deutschland bald von Großbritannien überflügelt und auch im Jahre 1940 ist es noch um 10 % hinter diesem Lande zurück, während es Frankreich um etwa 50 % übertrifft. Der Einfluß des zwei-

ten Weltkrieges zeigt sich zwar auch in Großbritannien deutlich, doch wird dort sein hemmender Einfluß bald überwunden. In steilem Anstieg kann es seine Dichte im letzten Jahrzehnt von 6,9 auf 10,6 steigern, während Deutschland stark zurückfällt und seit dieser Zeit stark hinter Frankreich und Großbritannien zurückgeblieben ist. In der Schweiz, bei der die Entwicklung fast ungestört durch Kriege oder

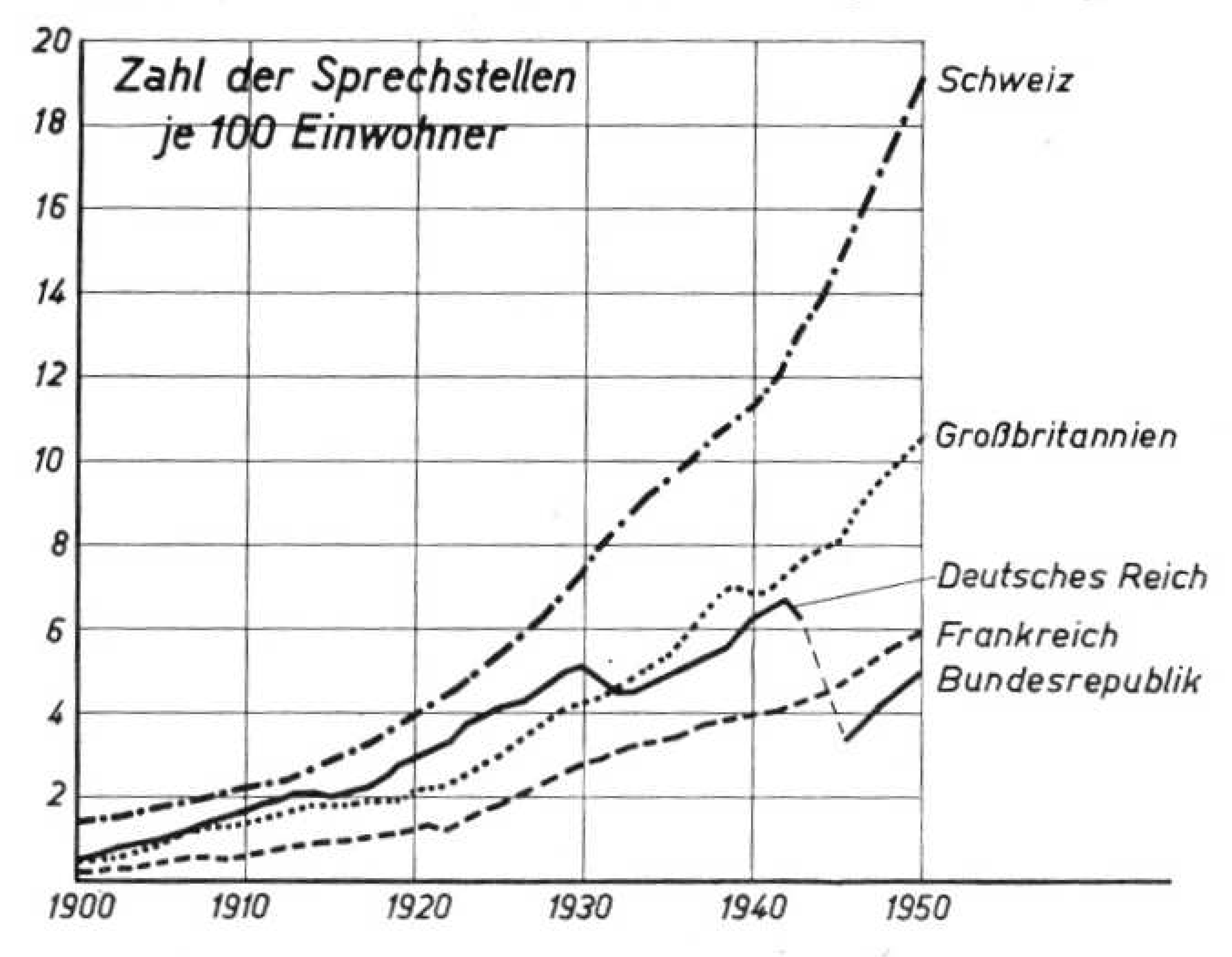


Bild 3. Entwicklung der Sprechstellendichte im Vergleich zu Großbritannien, Frankreich und der Schweiz

Wirtschaftskrisen vor sich ging, findet man einen immer steileren Anstieg der Sprechstellendichte. Sie verdreifachte sich in den letzten 25 Jahren, verdoppelte sich sogar in den letzten 15 Jahren und erreichte Ende 1950 einen Stand von 19,1. Damit steht die Schweiz in Europa an zweiter Stelle hinter Schweden mit 23,9. Beide Länder zeigen, daß die hohe Dichte der USA (28,1) auch für europäische Verhältnisse nicht außerhalb des Erreichbaren liegt.

Das allmähliche Zurückbleiben in der zahlenmäßigen Entwicklung des Fernsprechers in Deutschland ließe sich noch an einer Reihe weiterer Länder darstellen. Das Ergebnis zeigt sich im Bild 4, in dem die für den Vergleich wesentlichsten Länder der Welt in der Reihenfolge ihrer Sprechstellendichte dargestellt sind. Die Zahlen sind der neuesten Weltfernsprechstatistik der American Telephone & Telegraphe Co (ATT) entnommen.

Es würde den Zweck dieser Darstellung überschreiten, die Gründe für die unverhältnismäßig langsame Ausbreitung des Fernsprechers in Deutschland im einzelnen zu untersuchen. Nur auf einige wenige Gesichtspunkte sei hingewiesen. Zunächst ist eindeutig die Tatsache zu erkennen, daß die Wirtschaftskrise nach 1930 Deutschland wesentlich stärker betroffen hat als die übrige Welt. Nachdem man vorher durch niedrige Grundgebühren, Senkung der Einrichtungskosten und Fortfall der Forderung nach einer Mindestgesprächszahl die Ausbreitung auch unter den „Wenigsprechern" gefördert hatte, sahen sich

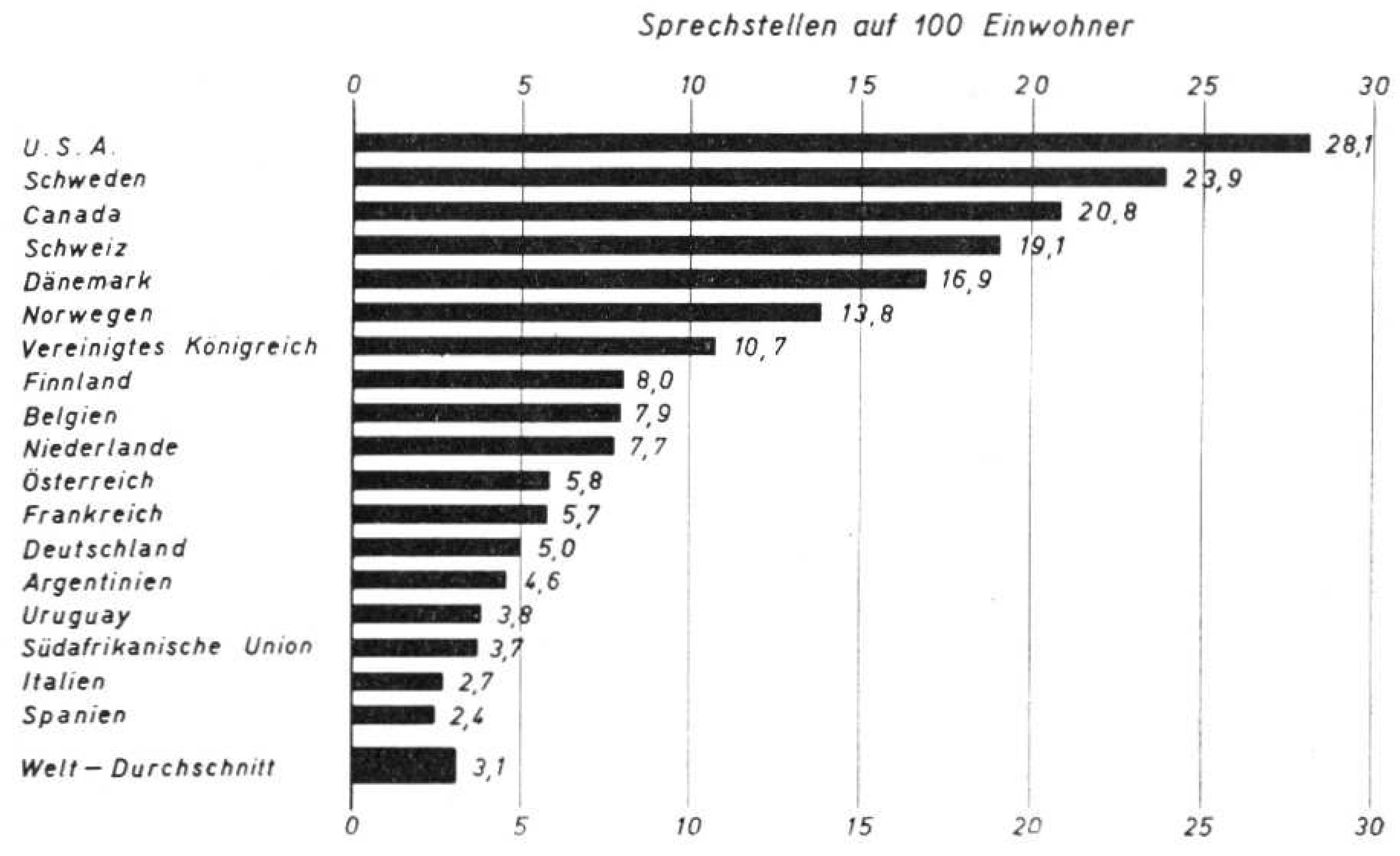


Bild 4. Sprechstellendichte in den Ländern der Welt. Stand 1. Januar 1951

offenbar gerade diese Kreise im Verlauf der Wirtschaftskrise veranlaßt, ihren Fernsprecher wieder zu kündigen. Hierbei und auch in der weiteren Entwicklung mag auch die Gebührenpolitik eine Rolle gespielt haben. Während z. B. die britische Postverwaltung für Wohnungsanschlüsse (residence stations) niedrigere Gebühren unter stärkerer Anwendung von „Mehrfachanschlüssen" eingeführt hat, kannte die deutsche Gebührenordnung eine tarifmäßige Sonderbehandlung von Wenigsprechern nicht. Nach der letzten dem Verfasser bekannten Zahl hatten solche Wohnungsanschlüsse im Jahre 1948 in Großbritannien einen Anteil von 38 % der Gesamtzahl der Sprechstellen; von den 35,3 Millionen Sprechstellen der amerikanischen Bell-Gesellschaft fallen sogar 69 % auf Wohnungsanschlüsse; für Deutschland besteht leider keine geeignete statistische Aufteilung, jedoch dürfte der Anteil der reinen Wohnungsanschlüsse nicht über 10 v. H. betragen.

Der Gebührenvorzug für wenig-sprechende Wohnungsanschlüsse ist in diesen Ländern durchaus gerechtfertigt, da sie schon sehr früh den hohen Kostenanteil der Anschlußleitungen durch Einrichtung von Mehrfachanschlüssen verringerten. In Deutschland hatte man zwar auch mit dieser Technik kurz vor dem letzten Weltkriege begonnen, jedoch geht die Auswirkung vorerst nur langsam vorwärts, so daß sie sich in der gebührenmäßigen Behandlung noch nicht genügend auswirken kann. Es dürfte aber interessant sein, hier einen Blick in die Verhältnisse der amerikanischen Bell-Gesellschaft zu werfen: Nach dem Stande vom 1. Januar 1951 sind in den 35,3 Millionen Sprechstellen nur 9,3 Millionen Einzelanschlüsse enthalten. 8,8 Millionen Sprechstellen sind Zweieranschlüsse, 6,3 Millionen Viereranschlüsse und 10,9 Millionen Nebenanschlüsse, Farmeranschlüsse und ähnliche. In Deutschland hin-

gegen wurden zwar technisch und gebührenmäßig Sprechstellen mit Nebenstellenanlagen (Nebenanschlüsse) ebenfalls stark entwickelt, jedoch ist der Ausbau der Zweier- und Vierer-Anschlüsse in seinem Anfangsstadium.

Erwähnt werden muß bei der Betrachtung der niedrigen Sprechstellendichte des Bundesgebietes gegenüber dem früheren Reichsgebiet allerdings auch, daß durch den nach 1945 eingesetzten stoßartigen Bevölkerungsszugang diese Zahl plötzlich abfallen mußte. Je mehr aber alle Flüchtlinge und sonstigen neu in das Bundesgebiet gekommenen Bevölkerungsteile in die Wirtschaft eingebaut werden sollen, umsomehr macht sich gerade für sie der mangelnde Fernsprecher, d. h. die niedrige Sprechstellendichte bemerkbar.

Schlußfolgerungen

Es wird sich aus mehreren Abhandlungen dieses Jahrbuches erkennen lassen, daß die Technik des Fernsprechwesens bei der Deutschen Bundespost, obwohl noch viele Rückstände und Schäden aus den Jahren der Zerstörung aufzuholen sind, durchaus wieder einen Vergleich mit den modernsten Einrichtungen in anderen Ländern der Welt aushält. Diese kurze Abhandlung sollte aber dartun, daß dies nicht für die Ausbreitung des Fernsprechers gilt. Schon im Jahrbuch für Post und Telegraphie 1928/29 wurde dargestellt, daß in Deutschland erst eine Verdoppelung der Sprechstellenzahl — d. h. erst eine Dichte von rund 10 Sprechstellen auf 100 Einwohner — ausreicht, um den Fernsprecher als unentbehrlichen Gebrauchsgegenstand des täglichen Lebens bezeichnen zu können. Es besteht auch heute keine Veranlassung zu der Annahme, daß der Fernsprecher bei der wirtschaftlichen Struktur des Bundesgebietes von geringerer Bedeutung sei als in den anderen vergleichbaren Weltländern. In der Tat ist auch die laufende Nachfrage nach neuen Sprechstellen sehr groß und kann mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nicht laufend gedeckt werden.

Es ist durchaus damit zu rechnen, daß diese Nachfrage noch eine Reihe von Jahren den Umfang übersteigt, den die Deutsche Bundespost verwirklichen kann. Von einer Annäherung an die Sättigungsgrenze kann man erst nach einer Vervielfachung der heutigen Sprechstellenzahlen sprechen. Diese Sättigungsgrenze aber liegt anders als z. B. beim Rundfunk oder Fernsehen. Bei ihnen kann man ihrer Zweckbestimmung nach mit annähernder Genauigkeit sagen, daß bei einer Dichte von 100 Rundfunkteilnehmern auf 100 Haushalte die Sättigungsgrenze erreicht sein wird. Der Fernsprecher aber soll ja seinen Benutzern überall zur Verfügung stehen, nicht nur in Geschäftsräumen und Nebenräumen, sondern auch in der Wohnung und auf Reisen, sodaß seine Sättigungsgrenze sicher höher liegen wird. In einigen Ländern, die bereits eine hohe Dichte erreicht haben, hat man die Beobachtung gemacht, daß in Großstädten bei einer Dichte von etwa 50 Sprechstellen auf 100 Einwohner ein gewisser Ruhestand eingetreten ist. Trotzdem ist auch in diesen Ländern die Ausbreitung nicht zum

Stillstand gekommen, sondern hat sich in ihrem Schwergewicht lediglich auf kleinere Städte verlagert. Selbst auf die Großstädte bezogen aber ist Deutschland noch weit hinter vergleichbaren anderen Ländern zurück.

In Bild 5 ist eine Übersicht über die Sprechstellendichte in einer Reihe von Hauptstädten der Welt dargestellt. Zum Vergleich ist dabei auch Düsseldorf als die Stadt mit der größten Sprechstellendichte Deutschlands

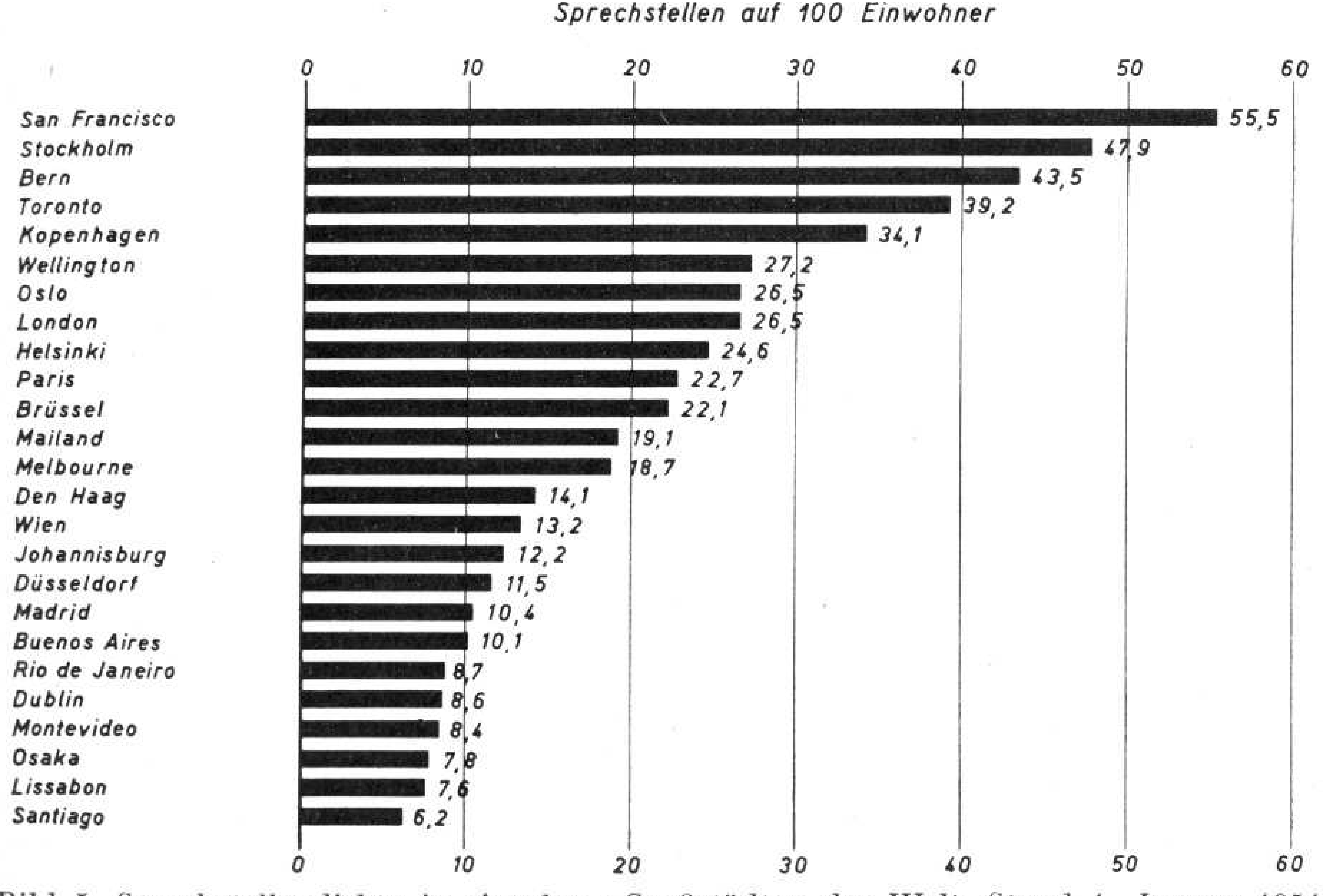


Bild 5. Sprechstellendichte in einzelnen Großstädten der Welt. Stand 1. Januar 1951

aufgeführt. Man sieht, daß Städte wie Stockholm, Bern, Kopenhagen etwa die 3—5-fache Sprechstellendichte, Städte wie Paris, Oslo, London und Brüssel die 2—3-fache Sprechstellendichte der an erster Stelle rangierenden deutschen Stadt Düsseldorf haben. Daß es sich dabei nicht um einzelne, aus dem Mittel besonders herausragende Städte handelt, zeigt die Darstellung in Bild 6. Die Kurve 1 dieses Bildes, deren Zahlen aus dem Geschäftsbericht der Deutschen Bundespost (Statistische Ergebnisse) nach dem Stand vom 31. März 51 entnommen worden sind, enthält die Sprechstellendichte für die 50 größten deutschen Städte in Form einer Häufigkeitssummenkurve; die Kurve 2 stellt in gleicher Form die Sprechstellendichte von 227 großen Städten der Vereinigten Staaten dar; die Kurve 3 hingegen enthält in der gleichen Form der Häufigkeitssummenkurve die Angaben von 105 europäischen Großstädten ohne Deutschland. Die Angaben der Kurven 2 und 3 sind aus der Weltfernsprechstatistik der ATT nach dem Stand vom 1. Januar 1951 entnommen. Gerade das letzte Bild zwingt zu der Erkenntnis, daß in Deutschland nicht nur auf dem flachen Land, sondern auch in den Großstädten mit einer Vervielfältigung des jetzt bestehenden Sprech-

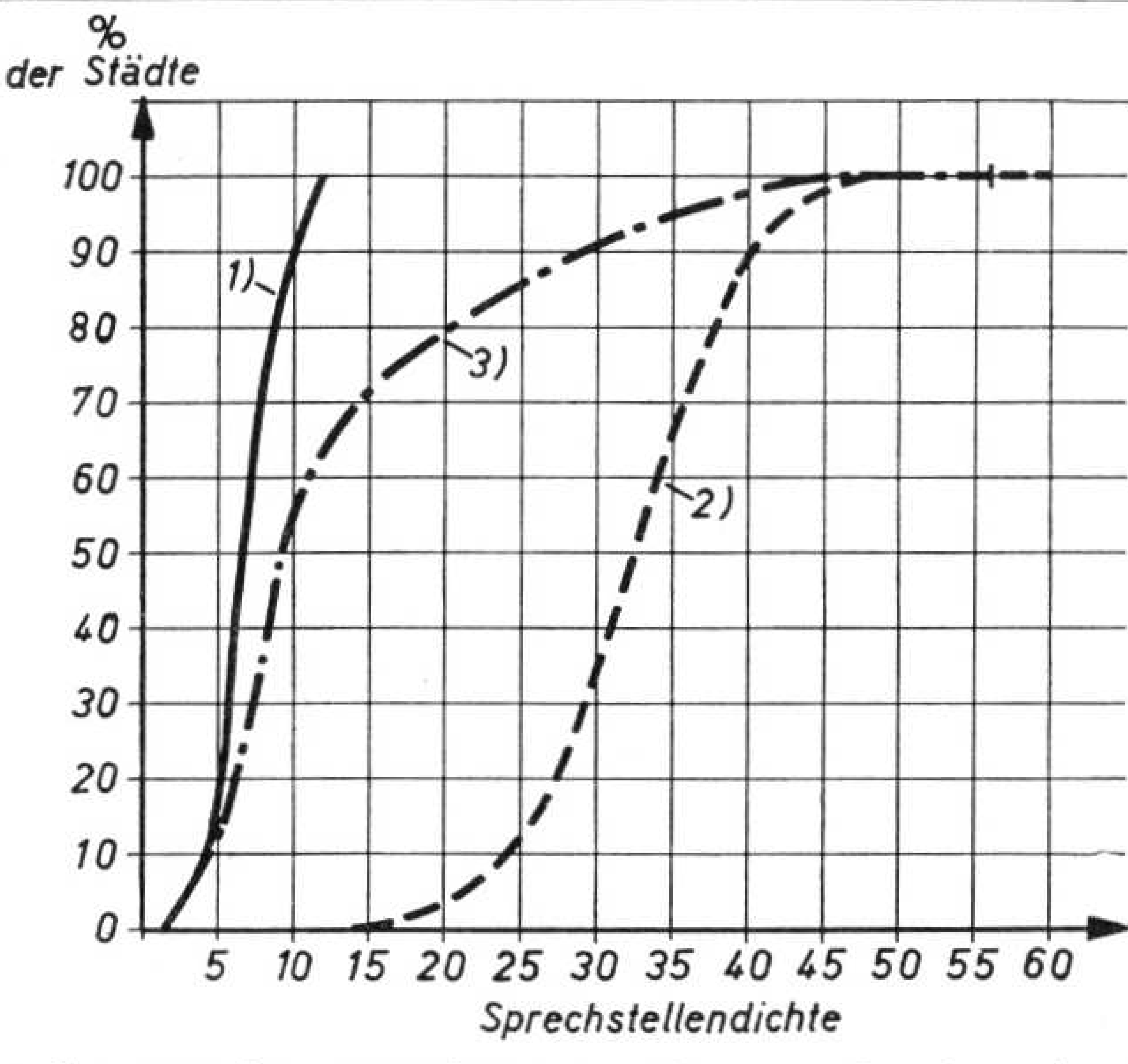


Bild 6. Häufigkeitssummenkurven über Sprechstellendichte. Kurve 1) 50 deutsche Städte > 100 000 Einwohner; Kurve 2) 227 größte Städte der U.S.A.; Kurve 3) 105 europäische Großstädte (ohne Deutschland)

stellenstandes gerechnet werden muß, ehe ein die Öffentlichkeit befriedigender Zustand erreicht worden ist. Es besteht keine Veranlassung zu der Annahm, daß in Deutschland der Fernsprecher als technisches Gebrauchsmittel von geringerer Bedeutung wäre als in anderen nach ihrer Wirtschaftsstruktur vergleichbaren Ländern.

Setzt man sich die Aufgabe zum Ziel, für den weiteren deutschen Ausbau die Zahl der Sprechstellen um 12 % jährlich zu vermehren, so würde dies bedeuten, daß man frühestens in 10 Jahren etwa den Stand Großbritanniens wieder erreicht hat, denn dort ist trotz der bereits vorhandenen doppelten Dichte in den letzten Jahren ein Sprechstellenzugang von 6—7 % zu beobachten. Amtliche Quellen lassen selbst in diesem Land erkennen, daß mit einem Ausbau von 6—7 % jährlich die Zahl der aufkommenden Anträge bei weitem nicht erfüllt wird, sondern daß auch in diesem Land zahlreiche Anträge auf der „Warteliste" stehen.

Daß eine jährliche Erweiterung der bestehenden Fernsprechnetze und Anlagen um 12 % in Deutschland eine zunächst noch ungelöste Frage der Kapitalsbeschaffung wäre, kann als bekannt vorausgesetzt werden. Erfüllt sie aber die Deutsche Bundespost nicht, so wird sie immer mehr vor den berechtigten Klagen der Öffentlichkeit stehen, daß sie ihren Verpflichtungen nicht nachkommt.

Daß auch die Deutsche Bundespost ihrerseits alles tun wird, um den erforderlichen Kapitalaufwand für den Ausbau so gering als möglich zu halten, sei zum Schluß nur erwähnt. Hierbei stehen alle die Maßnahmen im Vordergrund, die zu einer Mehrfachausnutzung des kostspieligen Leitungsnetzes dienen (Mehrfachanschlüsse) oder die zur Verringerung der durchschnittlichen Leitungslängen führen, (z.B. Dezentralisierung der Vermittlungseinrichtungen durch Errichtung von Teilämtern in neuen Stadtteilen).

W. Kronjäger und W. Scholz

Fernsprechen mit beweglichen Sprechstellen im Kraftwagen und auf Binnen- und Küstenschiffen

I. Einleitung

Das Bestreben, mit Fahrzeugen Fernsprechverbindungen herstellen zu können, war von jeher vorhanden. Mit der Entwicklung der Hochfrequenz-Technik wurden solche Verbindungen ermöglicht, so daß bereits vor mehreren Jahrzehnten die ersten Schiffe mit Sprechfunkanlagen ausgerüstet wurden. Während diese Fernsprechverbindungen auch heute noch vorwiegend auf Kurz- und Grenzwelle abgewickelt werden, hat das weitere Vordringen der Hochfrequenz-Technik in den Bereich ultrakurzer Wellen die Grundlagen geschaffen, auch für kleinere Fahrzeuge geeignete Sprechfunkanlagen mit nennenswert kleinen Antennen zu entwickeln und zu bauen.

Nachstehend wird ein kurzer Überblick über die Entwicklung und den heutigen Stand (1952) des Fernsprechens mit beweglichen Sprechstellen in Kraftwagen und auf Binnen- und Küstenschiffen in Deutschland gegeben.

II. Fernsprechen mit beweglichen Sprechstellen in Kraftfahrzeugen (Beweglicher Landfunkdienst)

A. Frequenzbereiche des beweglichen Landfunkdienstes

Zur Einrichtung eines Funkverkehrs sind bestimmte Frequenzen erforderlich. Für bewegliche Landfunkdienste sind in den Vollzugsordnungen für den Funkdienst (Ausgabe Atlantic City 1947) im UKW-Bereich zwischen 30 und 174 MHz folgende Frequenzbänder in der Region 1 (Europa ...) vorgesehen:

31,7 MHz — 41,0 MHz	85,0 MHz — 87,5 MHz
70,0 „ — 72,8 „	100,0 „ — 108,0 „
75,2 „ — 78,0 „	156,0 „ — 174,0 „
80,0 „ — 83,0 „	

In Deutschland sind die Kanalabstände in allen Bändern durchweg auf 100 kHz festgesetzt worden. Eine Ausnahme bilden die vier Bänder zwischen 70 und 87,5 MHz, in denen Teilbereiche noch mit einem Kanalabstand von 150 kHz betrieben werden.

Die Abstände der Gegensprechfrequenzpaare sind im Band 31,7 bis 41 MHz auf 4,1 MHz, in den beiden Bändern 70 bis 72,8 MHz und 80 bis 83 MHz, deren Einzelfrequenzen paarweise zusammengefaßt sind, auf 10 MHz und in den beiden Bändern 75,2 bis 78 MHz und 85 bis 87,5 MHz — auch paarweise zusammengefaßt — auf 9,8 MHz und in dem Band 156 — 174 MHz auf 4,5 MHz festgelegt worden.

In neuerer Zeit sind in Deutschland Erörterungen im Gange, den Kanalabstand von 100 kHz auf 60 oder sogar 50 kHz in allen genannten Bändern zu verringern, einerseits, um dem allgemein bereits fühlbaren Mangel an Frequenzkanälen zu begegnen, andererseits aber auch, um einen gewissen Anschluß an die Entwicklungstendenzen in den USA zu finden. Die angrenzenden Länder haben zwar im allgemeinen auch einen Kanalabstand von 100 kHz (Belgien: 120 kHz) vorgesehen, jedoch

bestehen heute schon beträchtliche Unterschiede bei dem Abstand innerhalb eines Gegensprechfrequenzpaares. So sind z. B. für das Band 156 — 174 MHz in Dänemark 9 MHz, in Schweden 8 MHz und in England 4,5 MHz festgelegt worden.

Man wird daher baldmöglichst zwischenstaatliche Absprachen treffen müssen, um bei den öffentlichen beweglichen Funkdiensten eine ersprießliche Zusammenarbeit zu erzielen und die Frequenzverteilung in diesen Bändern auf lange Sicht vornehmen zu können. Allerdings darf man sich dann nicht auf die beiden vorerwähnten Punkte beschränken, sondern wird versuchen müssen, noch eine Anzahl anderer Punkte, die die Technik der Fahrzeuggeräte richtunggebend beeinflussen, zur Übereinstimmung zu bringen. In der folgenden Aufstellung sind die zur Diskussion zu stellenden wichtigsten Punkte aufgezählt:

1. Aufteilen der Kanäle in den einzelnen Bereichen und Festlegen der genauen Frequenzen für öffentliche bewegliche Landfunkdienste
2. Abstand der Frequenzkanäle
3. Abstand der beiden Frequenzen eines Gegensprechfrequenzpaares
4. Gegensprechen oder bedingtes Gegensprechen
5. Frequenztoleranz der Sender und Empfänger
6. Maximaler Frequenzhub und selbsttätige Frequenzhubbegrenzung
7. Selektivrufsystem und Rufeinrichtung im Fahrzeugsender
8. Geräuschunterdrückung (squelch unit) im Fahrzeugempfänger
9. NF-Durchlaßbereich.

Als Modulationsart wird seitens der Deutschen Bundespost Frequenzmodulation angewendet.

B. Betriebsarten

Bei der Entwicklung des Funksprechens mit Fahrzeugen haben sich die folgenden drei Arten der Gesprächsabwicklung herausgeschält: das Wechselsprechen, das Gegensprechen und das bedingte Gegensprechen. Da über die Unterschiede bei diesen drei Arten der Gesprächsabwicklung wenig Klarheit herrscht, erscheint es notwendig, an dieser Stelle die wesentlichen Merkmale herauszustellen. Im folgenden sollen daher auch die verschiedenen technischen Voraussetzungen, die an die Konstruktion der Sprechfunkanlagen gestellt werden, eingehend betrachtet und ihre Vor- und Nachteile und Anwendungsmöglichkeiten einander gegenübergestellt werden.

Das Wechselsprechen, auch Simplexverkehr (one-way radio) genannt, stellt eine Betriebsart dar, bei welcher der Verkehr auf nur einer Frequenz wechselweise abgewickelt wird. Eine gewisse Übung der beiden Gesprächspartner ist Vorbedingung, um die bei dieser Betriebsart erforderliche Sprechdisziplin einzuhalten. Die Partner können sich hier nicht ins Wort fallen, also nicht gegenseitig unterbrechen, sondern der

eine Partner muß den anderen ausreden lassen, bis dieser ihm den Schluß seiner Rede ankündigt und damit das Zeichen zum Umschalten gibt (Ende: over).

Die Funkgeräte der ortsfesten und der beweglichen Anlagen sind so geschaltet, daß die Antenne im Ruhezustand bzw. bei Empfang (standby) stets am Eingang des Empfängers liegt. Beim Drücken einer Taste am Mikrophon oder am Handapparat wird die Antenne auf den Ausgang des Senders umgelegt, die Anodenspannung auf den Sender gegeben und das Mikrophon eingeschaltet.

Das Wechselsprechen gestattet einen unmittelbaren Sprechverkehr zwischen den Fahrzeugen, ist jedoch für eine Weiterschaltung in Fernsprechnetze nicht geeignet, weil die normalen Fernsprecher die für diese Betriebsart erforderlichen Zusatzeinrichtungen nicht besitzen, so daß es bei den Betrachtungen über öffentliche Sprechfunkdienste nicht in Frage kommt.

Das Gegensprechen (full duplex) ist die aus dem Draht-Fernsprechwesen bekannte Betriebsart, bei der man gleichzeitig sprechen und hören kann. Hier wird der Verkehr auf zwei voneinander verschiedenen Frequenzen, also auf zwei Übertragungswegen analog den Vierdrahtsprechkreisen der Draht-Fernsprechnetze, abgewickelt. Die eine Frequenz steht dem ortsfesten Sender, die zweite dem Fahrzeugsender zur Verfügung. Die zusammengehörigen Frequenzen bezeichnet man mit „Gegensprechfrequenzpaar“. Die Verbindung mit dem Fernsprechnetz wird je nach Aufgabenstellung über Zweidrahtleitungen mit Gabeln oder Vierdrahtleitungen vorgenommen.

Die Funkgeräte der Fahrzeuge sind nun so geschaltet, daß die Antennenzuleitung an ein besonderes Filter (Antennenweiche) geführt ist, um dieselbe Antenne für Sender und Empfänger gleichzeitig verwenden zu können. In diesem Filter findet eine Verzweigung zum Sender und zum Empfänger statt. Das Filter hat die Aufgabe, beim gleichzeitigen Senden und Empfangen die Einwirkungen des Senders in den Empfängereingang auf einen geringstmöglichen Wert zu bringen.

Der Abstand der beiden Frequenzen eines Gegensprechfrequenzpaares darf einen gewissen Mindestwert nicht unterschreiten, um den technischen Aufwand für derartige Antennenweichen noch in wirtschaftlich tragbaren Grenzen halten zu können. Die Weichen sind im allgemeinen symmetrisch aufgebaut. Der Empfangszweig soll für die Sendefrequenz eine möglichst hohe Sperrdämpfung, für die Empfangsfrequenz eine möglichst geringe Durchlaßdämpfung besitzen. Der Sendezweig muß jedoch für die Sendefrequenz eine möglichst geringe Durchlaßdämpfung und für die Empfangsfrequenz eine sehr hohe Sperrdämpfung besitzen, um eine Schwächung der Empfangsenergie zu vermeiden. Auch an den Aufbau der Geräte werden hier sehr hohe Anforderungen gestellt. So muß vor allem sichergestellt sein, daß keine Einstrahlungen einzelner Senderstufen in den Empfänger vorkommen können.

Die Verwendung einer Antenne zum gleichzeitigen Senden und Empfangen ist aus der Forderung entstanden, an Kraftfahrzeugen nur eine Antenne anzubringen, weil, abgesehen von dem unschönen Aussehen der Fahrzeuge mit zwei Antennen, die Entkopplung beider Antennen bei den räumlich beschränkten Ausmaßen der Fahrzeuge große Schwierigkeiten bereiten würde.

Die Fahrzeugantenne hat nun zwei Aufgaben gerecht zu werden. Durch Anbringen einiger Schaltglieder am Fußpunkt der Antenne wird erreicht, daß die Antenne sowohl das Sendefrequenzband als auch das Empfangsfrequenzband bestreicht.

Diese Art der Doppelverwendung von Antennen war bisher auf die Sprechfunkanlagen in Kraftfahrzeugen beschränkt geblieben. Die Entwicklung der Filtertechnik ist jedoch inzwischen weiter getrieben worden, so daß es in neuerer Zeit möglich ist, auch bei den ortsfesten Sprechfunkanlagen mit Sendern bis etwa 100 W Leistung nur eine Antenne gemeinsam zum Senden und Empfangen zu verwenden. Auf diese Weise wird einem heute schon bestehenden Mangel an geeigneten Antennenstützpunkten abgeholfen werden können.

Diese Betriebsart hat aber auch Nachteile, und zwar wird einmal die Empfangsspannung durch die Durchlaßdämpfung in der Empfangsrichtung geschwächt, zum andern tritt ein gewisser Leistungsverlust des Senders ein.

Um den Sender nur in besprochenem Zustand strahlen zu lassen und während der Pausen an Strom zu sparen, kann die Anodenspannung des Senders durch Drücken der Taste des Handapparates zum Sprechen zugeschaltet werden. Der Empfänger bleibt dagegen dauernd in Betrieb. Die Stromversorgung beim Gegensprechen muß also die gleichzeitige Speisung von Sender und Empfänger übernehmen können. Will man die Empfindlichkeit des Empfängers in manchen Fällen ausnutzen, so kann man in den eigenen Gesprächspausen die Taste des Handapparates loslassen. Der Sender strahlt dann nicht mehr; er kann also den Empfänger nicht mehr beeinflussen. Diese Abwandlung des Gegensprechens leitet zur dritten Betriebsart über.

Bedingtes Gegensprechen — Duplexverkehr — (two-way radio) ist die vereinfachte Art des Gegensprechens oder auch anders ausgedrückt: Wechselsprechen auf 2 Frequenzen. Diese Betriebsart wird in Fahrzeugen angewendet, während die zugehörigen ortsfesten Funkstellen für Gegensprechen eingerichtet sind. Es werden auch hier noch 2 verschiedene Frequenzen, je eine für die beiden Gesprächsrichtungen, benutzt. Aber, da diese beiden Übertragungswege vom Funkteilnehmer im Fahrzeug nur wie beim Wechselsprechen betrieben werden können, fällt hier die Möglichkeit fort, den Gesprächspartner im Fahrzeug zu unterbrechen. Auch ist die Antennenweiche nicht mehr notwendig, weil die Antenne jetzt beim Drücken der Taste des Handapparates vom Empfängereingang auf den Senderausgang umgeschaltet wird. Als besonderer Vorteil ist zu erwähnen, daß die Stromversorgung solcher Fahrzeuganlagen nur für den Betrieb des Senders allein ausgelegt sein

muß, wenn dabei vorgesehen ist, Sender und Empfänger aus demselben Umformer oder Zerhacker zu speisen.

Die Betriebsarten „Gegensprechen" und „bedingtes Gegensprechen" sind beide für die Aufschaltung auf Fernsprechnetze geeignet [1]. Allerdings erfordert das bedingte Gegensprechen wegen der wechselweisen Gesprächsabwicklung auch einige Übung bei beiden Teilnehmern, auch bei dem Teilnehmer auf der Drahtseite; denn dieser muß während eines Gesprächs dem Fahrzeugteilnehmer das Stichwort zum Umschalten von Empfangen auf Senden geben.

Es ist daher verständlich, daß man im allgemeinen danach trachten wird, diejenige Betriebsart zu wählen, die an die Fertigkeit der Teilnehmer möglichst geringe Anforderungen stellt. Allerdings ist der höhere technische Aufwand beim Gegensprechen zu berücksichtigen, wenn man niedrige Preise für die Sprechfunkanlagen von beweglichen Fahrzeugen anstreben will. Die Wahl der einen oder anderen Betriebsart für öffentliche Sprechfunkdienste in Deutschland wird wahrscheinlich erst nach Vorliegen von Ergebnissen aus den jetzt im Aufbau befindlichen Versuchsnetzen des öffentlichen beweglichen Landfunkdienstes getroffen werden. In den Niederlanden z. B. ist von der PTT ein UKW-Stadtfunk versuchsweise eingerichtet worden, bei dem bedingtes Gegensprechen angewendet wird. Allerdings will man dort jetzt auf Gegensprechen übergehen. Auch in England und in der Schweiz [1] wird Gegensprechen angewendet. In den USA wird der weitaus größte Anteil der beweglichen Funkdienste, die auf zwei Frequenzen betrieben werden, mit bedingtem Gegensprechen abgewickelt (z. B. High way radio = Autobahnfunk), während der Zugfunkdienst auf einigen Strecken Gegensprechen mit zwei Antennen und zusätzlichem Filter zwischen Antennenkabel und Empfängereingang anwendet [2, 3].

C. Dienstzweige

Der bewegliche Landfunkdienst wird bei der Deutschen Bundespost in den nichtöffentlichen und den öffentlichen beweglichen Landfunkdienst unterteilt.

1. Nichtöffentlicher beweglicher Landfunkdienst

Der nichtöffentliche bewegliche Landfunkdienst umfaßt alle nicht von der Deutschen Bundespost betriebenen beweglichen Funkdienste. Sie erstrecken sich im wesentlichen auf: Sicherheitsbehörden, Zoll, Feuerwehr, Bundesbahn und kommunale Betriebe sowie auf Verkehrs- und Versorgungsunternehmen, Werke der Schwerindustrie, Rundfunkgesellschaften u. a.

Die ersten Anfänge eines beweglichen Landfunkdienstes in Deutschland liegen schon mehr als 10 Jahre zurück. Damals hat die Ordnungspolizei in Berlin gemeinsam mit der Funkindustrie Versuche angestellt, aus denen dann eine Funkanlage entstand, die aus einem

ortsfesten Sender, mehreren über das Stadtgebiet verteilt aufgestellten ortsfesten Empfängern und einer Anzahl beweglicher Funkstellen in Kraftfahrzeugen bestand. Dazu gehörte auch eine Zentrale mit Vermittlungseinrichtung ins Fernsprechnetz der Polizei und ins öffentliche Fernsprechnetz [4]. Später wurden diese Versuche auch auf Hamburg ausgedehnt und eine größere Polizeistadtfunkanlage mit zwei ortsfesten Sendern, 6 ortsfesten Empfängern und mehr als 10 Funkstreifenwagen eingerichtet. Diese Anlage war bis Kriegsende in Betrieb und wurde vom März 1946 an mit Unterstützung durch die Deutsche Post allmählich wieder aufgebaut und hat noch mehrere Jahre dem Polizeistadtfunk in Hamburg gedient.

Nach dem letzten Kriege verstrichen einige Jahre, bis die Entwicklung von UKW-Sprechfunkgeräten in Deutschland wieder anlaufen konnte. Als die ersten Anlagen 1949 herauskamen, waren zwar noch einige Schwierigkeiten zu beseitigen, inzwischen hat aber die deutsche Funkindustrie den Stand der ausländischen Technik auch auf diesem Gebiet wieder erreichen können.

Seit 1949 ist eine beträchtliche Anzahl von Stadt- und Landpolizeiverwaltungen in Deutschland mit derartigen modernen UKW-Sprechfunkanlagen für Gegensprechen ausgerüstet worden. Auch haben die meisten Polizeiverwaltungen inzwischen die Genehmigung erhalten, ihre Funkgespräche zu und von den Funkstreifenwagen ins öffentliche Fernsprechnetz weiterverbinden zu dürfen. Ferner ist noch eine Reihe anderer Teilnehmer am nichtöffentlichen beweglichen Landfunkdienst vorhanden, die, mit Gegensprechfunkanlagen ausgestattet, in eigene Fernsprechnetze weitervermitteln dürfen.

2. Öffentlicher beweglicher Landfunkdienst

a) Allgemeines

Der öffentliche bewegliche Landfunkdienst umfaßt alle durch die Deutsche Bundespost betriebenen beweglichen Landfunkdienste, die ins öffentliche Fernsprechnetz weiterverbunden werden. Dieser Landfunkdienst soll den Teilnehmern die Möglichkeit geben, innerhalb von Großstädten [5, 6] von ihren Fahrzeugen aus jeden beliebigen Teilnehmer des öffentlichen Fernsprechnetzes über Orts- oder Schnellverbindung und auf Haupt-Überlandstraßen auch über Fernverbindung zu erreichen. Andererseits sollen die Fahrzeuge auch von jedem Teilnehmer des Fernsprechnetzes aus erreichbar sein [7]. Dazu gehören die folgenden Dienste: Stadtfunkdienst, Autobahnfunkdienst, Zugfunkdienst.

Der Stadtfunkdienst wird als Ergänzung des Autobahnfunkdienstes an den Knotenpunkten des Verkehrs möglichst in allen Großstädten, mindestens aber in den Großstädten von über 250 000 Einwohnern eingeführt werden. Stadtfunknetze sollen zunächst errichtet werden in Bremen, Dortmund, Düsseldorf, Frankfurt (Main), Hamburg, Hannover, Köln, München, Nürnberg und Stuttgart, und zwar werden in

Hamburg im Zusammenhang mit dem Hafenfunk und in Frankfurt (Main) zur Erprobung von Selektivrufsystemen (s. unter C2g) die ersten Stadtfunkdienste erstehen.

b) Versuchsanlage des Stadtfunkdienstes

Anläßlich einer gemeinsamen Veranstaltung des Innenministeriums und des Verkehrsministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen über Fragen der Verkehrssicherheit und der Verkehrserziehung am 27. 10. 1949 in Düsseldorf wurde erstmalig im Gebiet der Bundesrepublik eine UKW-FM-Sprechfunkanlage mit Genehmigung der Deutschen Bundespost öffentlich vorgeführt. Die Firma Telefunken baute gemeinsam mit der Oberpostdirektion Düsseldorf die ortsfesten Einrichtungen, einen 100 W-Sender und einen ortsfesten Empfänger auf dem Stummhaus (dm-Station Düsseldorf) und Hochhaus Ürdinger Straße auf. Bewegliche Funksprechanlagen waren in Fahrzeugen von Behörden und privaten Unternehmen eingebaut worden. Die gesamte Anlage war in den Monaten November, Dezember 1949 und Januar 1950 als Vorführanlage weiter betrieben worden, um das neue Nachrichtenmittel allen Interessenten praktisch vorführen zu können. Die Funkanlage war für Gegensprechen ausgelegt und arbeitet im Bereich 70 — 87,5 MHz auf zwei Frequenzpaaren, die einen Abstand von 150 kHz voneinander haben und wahlweise schaltbar sind. An Funkgesprächen wurden nur Ortsgespräche bzw. Schnellgespräche ins öffentliche Fernsprechnetz vermittelt. Die Übergangseinrichtung „Funk-Draht" befand sich s. Z. auf der dm-Station Düsseldorf, wo auch der ortsfeste Sender untergebracht war.

Um Erfahrungen für den künftigen öffentlichen beweglichen Landfunkdienst zu sammeln, wurden die ortsfesten Anlagen am 1. Februar 1950 von der Deutschen Bundespost zum Versuchsbetrieb im Bezirk der Oberpostdirektion Düsseldorf übernommen und der öffentliche Sondersprechfunkdienst Düsseldorf—Essen eingerichtet. Die bereits bestehende Anlage wurde durch Zulieferungen der Firma Siemens & Halske erweitert, und zwar wurde ein 100 W-Sender im Fernsprechamt Essen und ein ortsfester Empfänger auf „Heimliche Liebe" aufgestellt. Die Empfangsverhältnisse um Düsseldorf wurden durch Aufbau je eines weiteren ortsfesten Empfängers im Raume Duisburg (Haus Hartenfels am Duisburger Wald) und im Raume Krefeld (St. Tönis) verbessert.

Am 15. August 1950, drei Tage vor Eröffnung der Deutschen Funkausstellung 1950 in Düsseldorf, wurden dann die beiden Netze Düsseldorf und Essen dem öffentlichen Versuchsbetrieb übergeben und besonders im Rahmen der Ausstellung den Besuchern praktisch vorgeführt.

Die Zahl der zugelassenen Privatteilnehmer mit eigenen Sprechfunkanlagen ist im Anfang mit Rücksicht auf den Versuchscharakter der gesamten Anlage niedrig gehalten worden. Die Gesprächszahl je Monat liegt im Durchschnitt zwischen 150 und 250, wenn man von dem starken Ansteigen während der Funkausstellung 1950 (Düsseldorf

mit 640 Gesprächen pro Monat) und während der Ausstellung „Schiene und Straße" 1951 (Essen — 969 Gespräche) absieht; sie dürfte jedoch durch Vermieten vorhandener beweglicher Sprechfunkanlagen (posteigen) wesentlich gesteigert werden können.

Das Verbinden der Gespräche ins öffentliche Fernsprechnetz wird über Vermittlungsplätze vorgenommen, die in Düsseldorf noch in einem besonderen Raum beim Fernsprechamt, in Essen bereits im Fernamt stehen. Die Essener Lösung ist insofern günstiger, als die Anlage auch außerhalb der festgesetzten Betriebszeiten ohne Personalvermehrung für Ausnahmefälle bedient werden kann, was viele Teilnehmer, z. B. Verkehrsunternehmen, als wichtig betrachten werden. Die Vermittlungsplätze, die noch auf Polizeifunkverhältnisse zugeschnitten waren, wurden den Postforderungen angepaßt. Sie erhielten eine Wahlmöglichkeit ins Fernsprechnetz, so daß Gespräche von einem Fahrzeug aus unmittelbar ins Netz verbunden werden können. Eine zweite Verbindung, Querverbindung zum Fernamt, dient als Meldeleitung zur Entgegennahme von Anmeldungen des Meldeamtes bzw. zur Abwicklung von Gesprächen ins Fernnetz.

Die Reichweite der beiden Funknetze ist so groß, daß etwa ⅔ des Bezirks der Oberpostdirektion Düsseldorf versorgt werden können. Die Reichweiten liegen je nach Standort des Fahrzeugs, Störpegel und Ausbreitungsverhältnissen zwischen 20 km und 25 km um Düsseldorf und Essen. Damit kann praktisch die Autobahn bei Köln, Nordostausgang, bis Dortmund, Nordwesteingang, erfaßt werden. Wichtig war die sorgfältige Auswahl der Aufstellungspunkte für die ortsfesten Empfänger. Unter den vier vorhandenen ortsfesten Empfängern sind der Essener Punkt „Heimliche Liebe" und der Duisburger Punkt „Haus Hartenfels am Duisburger Wald" die besten. Auch der Krefelder Punkt „St. Tönis" (Wasserturm) ist noch günstig. Diese Punkte liegen hoch abseits vom Straßenverkehr und werden auch durch Diathermiegeräte nicht beeinträchtigt, so daß dort kaum nennenswerte Störfeldstärken auftreten, während der Düsseldorfer Punkt „Auf der Hardt" (früher „Hochhaus Ürdinger Straße") infolge der Stadtnähe nicht immer störungsfrei ist.

Die beiden ortsfesten Sender arbeiten während der Betriebszeit (werktäglich von 8 bis 22 Uhr) mit durchlaufenden Trägern, die mit einer Kennung als Pausenzeichen tonmoduliert werden. Die hier eingesetzten ortsfesten und beweglichen Sprechfunkanlagen stammen aus der deutschen Fertigung von Polizei-Stadtfunkanlagen.

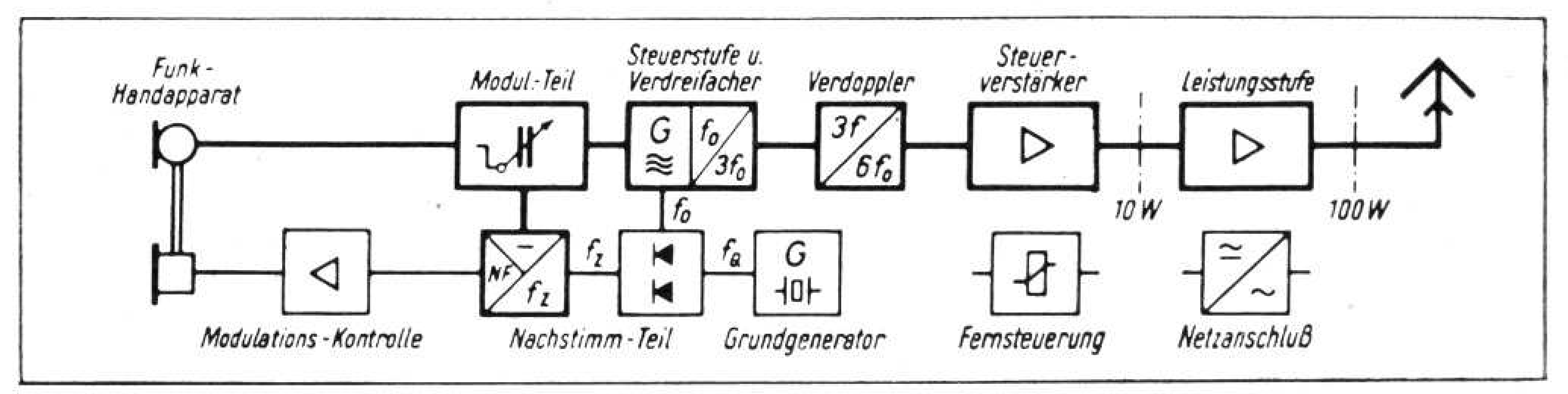
Die wesentlichsten technischen Werte dieser Anlage sind in Tafel I aufgeführt.

In dem Bild 1 sind Blockschaltbilder eines ortsfesten Senders und eines ortsfesten Empfängers wiedergegeben.

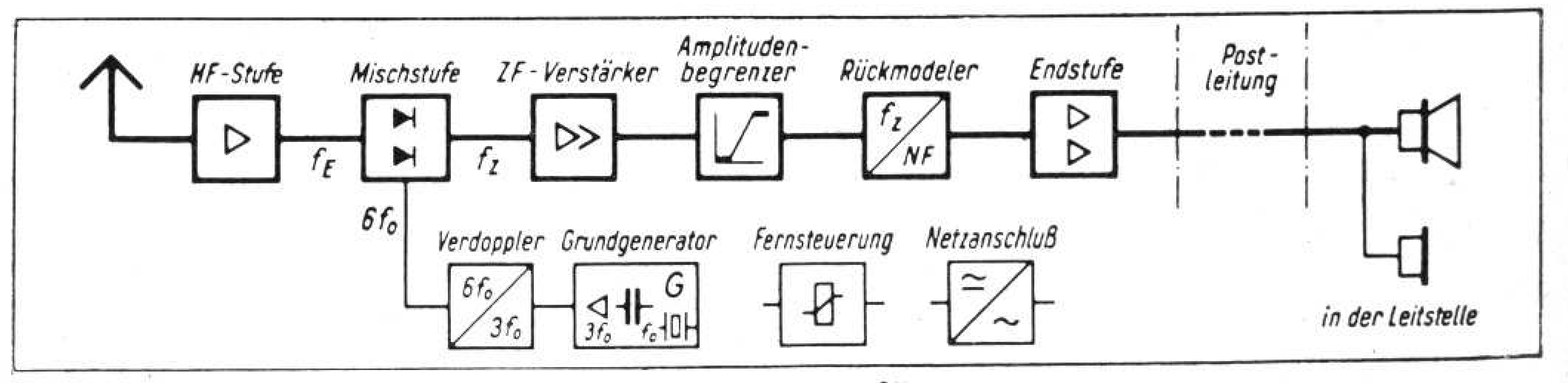
Der Sender besteht aus einem Modulationsteil mit Reaktanzröhre, einer Steuerstufe mit selbsterregtem Oszillator, einer Verdreifacher- und einer Verdopplerstufe sowie einer Leistungsstufe und einem Nachstimmteil. Die Reaktanzröhre ändert ihren Blindwiderstand im Takte der modulierten Niederfrequenz und damit auch die Grundfrequenz f_0 des Os-

Funkgerät	ortsfest	beweglich
Sender:		
HF-Ausgangsleistung	100 W	10 W
Frequenzbereich	85—87,5 MHz	75,2—78 MHz
Frequenztoleranz	$\pm 2 \cdot 10^{-4}$ —	$\pm 2 \cdot 10^{-4}$ —
Max. Frequenzhub	± 17,5 kHz	± 17,5 kHz
NF-Durchlaßbereich	300—3000 Hz	300—3000 Hz
Empfänger:		
Frequenzbereich	75,2—78 MHz	85—87,5 MHz
Empfindlichkeit (bei 20 db Signal/Rauschverhältnis) (quieting)	1,5—2,0 μV	1,5—2,0 μV
Frequenztoleranz	$\pm 2 \cdot 10^{-4}$ —	$\pm 2 \cdot 10^{-4}$ —
Zwischenfrequenz	3,1 MHz	3,1 MHz
Schwächung benachbarter Sender bei ± 150 kHz Abstand	40—60 db [1]	40—60 db [1]
NF-Durchlaßbereich	300—3000 Hz	300—3000 Hz

Tafel I



Ortsfester Sender



Ortsfester Empfänger

Bild 1. Blockschaltbilder ortsfester Sprechfunkanlagen für den Frequenzbereich: 75—87,5 MHz

1) Bei neueren Geräten aus deutscher Fertigung liegen diese Werte wesentlich höher. Die Schwächung benachbarter Sender bei ± 150 kHz Abstand beträgt etwa 100 db.

zillators. Die Grundfrequenz wird versechsfacht und in der Leistungsstufe verstärkt. Die jetzt erreichte Leistung beträgt etwa 10 Watt. Zur Erzielung einer Ausgangsleistung von 100 W für ortsfeste Sender wird noch eine weitere Leistungsstufe zugeschaltet. Der Nachstimmteil dient zur Konstanthaltung der Sendefrequenz. Ein quarzgesteuerter Grundgenerator erzeugt die Frequenz f_q, die um 950 kHz niedriger liegt als die Oszillatorfrequenz f_0. Die Differenzfrequenz von f_0 und f_q wird einem Diskriminator zugeführt, der bei Abweichungen der Differenzfrequenz von 950 kHz eine entsprechende Nachregelung der Oszillatorfrequenz f_0 über die Reaktanzröhre bewirkt. Die Ausgangsfrequenz ergibt sich zu $F\,[\text{MHz}] = 6 \cdot f_0\,[\text{MHz}] = 6 \cdot (f_q + 0{,}95)\,[\text{MHz}]$.

Die von der Antenne aufgenommene, frequenzmodulierte Empfangsspannung wird in einer HF-Vorstufe verstärkt und in einer Mischstufe einer Hilfsfrequenz überlagert, die durch Versechsfachen der in einem quarzstabilisierten Generator erzeugten Grundfrequenz f_0 gewonnen wird. Die in der Mischstufe entstehende Zwischenfrequenz von 3,1 MHz wird zweistufig verstärkt. Der anschließende Amplitudenbegrenzer begrenzt deren Amplitude auf einen konstanten Wert, um etwa vorhandene Amplitudenmodulation wegzuschneiden. In einem Diskriminator wird die Zwischenfrequenz in NF-Amplitudenschwankungen umgesetzt und schließlich in einem nachfolgenden NF-Verstärker auf die erforderliche Leistung gebracht. Damit ergibt sich die Empfangsfrequenz zu: $F\,[\text{MHz}] = 6 \cdot f_0\,[\text{MHz}] \pm 3{,}1\,[\text{MHz}]$. Die Kopplungsglieder in diesem ZF-Verstärker sind zur Erhöhung der Selektion als vierkreisige Bandfilter ausgebildet.

Der Anfang der Entwicklung dieser Polizei-Stadtfunkanlagen liegt schon einige Jahre zurück. Damals ist die Ansicht vertreten worden, daß die Träger der ortsfesten Sender dauernd ausgestrahlt werden müssen, um die sonst erforderliche Krachsperre (squelch unit) in den Fahrzeugempfängern zu vermeiden. Die Krachsperre im Empfänger hat den Zweck, bei Wegfall des Trägers das lästige Rauschen des Empfängers auf jeden Fall sofort abzustellen. Dieses kann auf verschiedene Weise erreicht werden, so z. B. in Abhängigkeit vom Gitterstrom der Begrenzerröhre oder durch Herausschneiden eines über dem übertragenen Niederfrequenzband (300—3000 Hz) liegenden Bandes, wie etwa 4000—7000 Hz. Durch Verstärken, Gleichrichten und weiteres Verstärken dieses Bandes in einem Gleichstromverstärker wird bei Wegfallen oder Verschwinden des Trägers eine Richtspannung gewonnen, die die Endstufe sperrt. Durch geeignete Kombination der beiden Verfahren hat man die Empfindlichkeit erhöhen und die Ansprechzeiten verkürzen können.

In bezug auf die Nebenwellenschwächung ist der Aufbau eines quarzstabilisierten FM-Senders mit Nachstimmung oder mit Hilfsfrequenz f nicht gerade günstig, weil bei der notwendigen Mischung der beiden Frequenzen auch unerwünschte Mischprodukte entstehen. Derartige Sender zeigen daher viele Nebenwellen über einen großen Be-

reich um die Sendefrequenz F im Abstand von $\pm n \cdot (f_0 \pm f_q)$ oder $\pm n \cdot f$. Dabei ist die Hilfsfrequenz $f = f_0 \pm f_q$. Die Unterdrückung der entstehenden Nebenwellen ist schwierig und erfordert großen Aufwand.

In neuerer Zeit geht man daher zu anderen Verfahren über und bevorzugt die Frequenzmodulation quarzstabilisierter Sender entweder über Phasenmodulation mit Hilfe eines Gegentakt-Phasenmodulators oder durch unmittelbare Frequenzmodulation eines ziehbaren Quarzes in geeigneter Schaltung.

c) Netzgestaltung des Autobahnfunkdienstes

Für die telephonische Übermittlung von Nachrichten zwischen einem auf der Straße befindlichen Kraftfahrzeug und einem Teilnehmer des Fernsprechnetzes wird auf drahtlosem Wege nur die Verbindung zwischen dem Fahrzeug selbst und der nächstgelegenen Feststation hergestellt. Die Feststationen, bestehend aus Sender, Empfänger und Zusatzeinrichtungen, sind an das Fernsprechnetz über Vierdrahtleitungen angeschlossen. Da die Autobahnen allein noch kein geschlossenes Straßennetz bilden, wird dieses Netz durch die entsprechenden Bundesstraßen vervollkommnet. In den ersten Ausbaustufen sollen nach den vorliegenden Planungen folgende Autobahnen und Landstraßen funkmäßig erfaßt werden:

Linie A: Duisburg—Karlsruhe i. B. (Autobahn)
Voraussichtliche Stützpunkte für feste Funkstellen:
Duisburg, Opladen, Ölberg, Baumbach, Feldberg i. T., Königstuhl (Heidelberg)
Linie B: Karlsruhe i. B.—München (Autobahn)
Linie C: München—Nürnberg (Autobahn)
Linie D: Nürnberg—Frankfurt (Main) (Bundesstraße 8)
Linie E: Frankfurt (Main)—Hamburg (Autobahn: Frankfurt (Main)—Northeim, Bundesstraße 3: Northeim—Hamburg)
Linie F: Würzburg—Bad Hersfeld (Bundesstraße 27)
Linie G: Düsseldorf—Helmstedt—Berlin (Autobahn)
Linie H: Duisburg—Lübeck (Bundesstraße 51: Duisburg—Bremen, Autobahn: Bremen—Hamburg—Lübeck).

Die Gesamtlänge dieser Straßen beträgt etwa 2500 km. Längs der zu versorgenden Straßen werden Feststationen aufgebaut, deren Abstand von den Geländeverhältnissen, der Senderleistung, der Antennenhöhe, dem Antennengewinn abhängt und im Mittel mit 50 km angenommen werden kann. In jedem dieser Streckenabschnitte werden ein Sender und ein Empfänger an erhöhten Punkten mit guter Sicht aufgestellt. Bei besonders schwierigen topographischen Verhältnissen werden wahrscheinlich mehr als nur ein Sender oder ein Empfänger je Streckenabschnitt eingesetzt werden müssen. Es ist augenscheinlich, daß viele Stützpunkte von mehreren Funkdiensten gemeinsam benutzt werden können. Aus diesem Grunde sollen die Einheits-Fernmeldetürme,

die für den geplanten Aufbau von dm-Richtfunknetzen vorgesehen sind, auch andere öffentliche Funkdienste aufnehmen können [8].

Das gesamte Bundesgebiet wird in die sieben Überleitungsamtsbezirke Bremen, Düsseldorf, Frankfurt (Main), Hamburg, Hannover, München und Nürnberg aufgeteilt. Späterhin wird wahrscheinlich noch ein ÜLA-Bezirk (Stuttgart) hinzukommen. Im Zentrum eines jeden ÜLA-Bezirkes befindet sich ein Überleitungsamt, an das die abgesetzten, unbemannten, festen Funkstellen jeweils vierdrahtmäßig angeschlossen sind und von dem aus die Gesprächsvermittlung von und zum Draht-Fernsprechnetz vorgenommen wird.

d) Versuchsanlage I des Autobahnfunkdienstes

Zur grundsätzlichen Erprobung des Fernsprechens mit Kraftfahrzeugen auf den Autobahnen im Raum Frankfurt (Main)/Heidelberg wurde im Jahre 1950 eine erste Versuchsanlage aufgebaut, die aus 2 ortsfesten und einigen beweglichen Landfunkstellen besteht. Diese Versuchsanlage arbeitet im UKW-Bereich von 31,7 bis 41 MHz. Die ortsfesten Funkanlagen sind im Fernmeldeturm auf dem Großen Feldberg i. T. und auf dem Königstuhl bei Heidelberg errichtet. Die Fahrzeuganlagen sind in Meß- und Versuchsfahrzeugen der Deutschen Bundespost eingebaut. Eine ortsfeste Funkstelle besteht aus einem 100 Watt-Sender, einem Empfänger und einem Fernbedienungsgerät, das u. U. auch zur Überleitung von Funkgesprächen auf das Fernsprechnetz dient. Sie wird über 2 für Sender und Empfänger getrennte, vertikalpolarisierte $2 \times \lambda/4$ Dipolantennen betrieben. Jede bewegliche Funkstelle enthält einen 10 W-Sender, einen Empfänger, ein Bedienungsgerät, Umformer bzw. Umrichter zur Stromversorgung aus 12 V-Autobatterie, Lautsprecher, Handapparat mit Taste, eine Antenne und eine Antennenweiche (Gegensprechen). Beide Anlagen können durch einfaches Umlegen eines Schalters sofort auf eine 2. Frequenz, die von der ersten einen Abstand von 200 kHz hat, umgestellt werden. Die wichtigsten technischen Angaben sind in Tafel II zusammengestellt.

Zur Untersuchung der Empfangsverhältnisse auf der Autobahn wurden Feldstärkemessungen der beiden Sender (Feldberg i. T. und Königstuhl) im Raum Hersfeld—Frankfurt(Main)—Stuttgart und Bonn—Frankfurt (Main) durchgeführt [9]. Auf Grund günstiger Meßergebnisse könnte ohne weiteres ein Autobahnfunk in dem Frequenzbereich von 31,7 bis 41 MHz eingerichtet werden. Jedoch ist dieser Frequenzbereich in dem unteren Teil durch Oberwellen anderer Sender gestört und im übrigen durch Funkdienste der Besatzungsmächte stark belegt. Aus diesem Grunde wird davon Abstand genommen, den vorgenannten Bereich für die Errichtung des öffentlichen beweglichen Landfunkdienstes zu verwenden.

e) Versuchsanlage II des Autobahnfunkdienstes

Da die Frequenzbereiche zwischen 70 und 87,5 MHz vorwiegend dem nichtöffentlichen beweglichen Landfunkdienst vorbehalten bleiben

Gerät	ortsfest	beweglich
Sender:		
HF-Ausgangsleistung	100 W	10 W
Frequenzbereich (kontinuierlich einstellbar)	31—36 MHz	35—40 MHz
Modulationsart	F 3 —	F 3 —
Max. Frequenzhub	± 17,5 kHz	± 17,5 kHz
NF-Durchlaßbereich	300—3000 Hz	300—3000 Hz
Empfänger:		
Frequenzbereich (kontinuierlich einstellbar)	35—40 MHz	31—36 MHz
Empfindlichkeit (bei 20 db Signal/Rauschverhältnis)	1,5 μV	1,5 μV
Zwischenfrequenz	1,5 MHz	1,5 MHz
NF-Durchlaßbereich	300—3000 Hz	300—3000 Hz
Bedienungsgerät (beweglich)	Frequenzwahl und Nachstimmung Heizung der Anlage „Ein/Aus“ Anodenspannung der Anlage „Ein/Aus“ Lautstärkeregler Anzeige der Batteriespannung	

Tafel II

und der Bereich 100—108 MHz aus anderen Gründen vorerst nicht verteilt wird, sind die für den öffentlichen beweglichen Landfunkdienst erforderlichen Frequenzen aus dem Bereich von 156 bis 174 MHz entnommen worden. In diesem Bereich wird auch der Hafenfunkdienst (s. unter III C) abgewickelt werden, so daß die technischen Einrichtungen der beiden Dienste nur wenig voneinander abweichen werden.

Während die Versuchsanlage I für rein technische Untersuchungen zur Verfügung stand, soll die neue Versuchsanlage zur Klärung offenstehender betriebstechnischer und organisatorischer Fragen kurze Zeit innerpostalisch betrieben werden. Danach werden auch private Sprechfunkteilnehmer zugelassen werden, um diese Anlage möglichst bald der Öffentlichkeit vorzustellen, ohne sie jedoch dabei ihres Versuchscharakters vorläufig entkleiden zu wollen. Die Versuchsanlage II wird auf der Autobahnstrecke zwischen Duisburg und Karlsruhe i. B. (etwa 350 km) eingerichtet und voraussichtlich 6 feste Landfunkstellen umfassen (s. unter c) u. f)). Die gesamte Strecke liegt in zwei Überleitungsamtsbezirken; die drei festen Funkstellen Duisburg, Opladen und Ölberg werden beim ÜLA Düsseldorf die festen Funkstellen Baum-

bach, Feldberg i. T. und Königstuhl beim ÜLA Frankfurt (Main) zusammengefaßt. Von diesen zentralen Ämtern aus erfolgt dann die Fernschaltung und Fernüberwachung der angeschlossenen festen Funkstellen sowie die Gesprächsvermittlung mit den Kraftfahrzeugen für das erfaßte Sende-Empfangsgebiet mittels einer Selektivrufanlage.

Einige der Mindestforderungen [10] für die technischen Einrichtungen sind aus Tafel III zu ersehen [2]).

Pre-Emphasis beim Sender und De-Emphasis beim Empfänger sind nicht vorgesehen [3]).

Für das Bedienungsgerät werden die Vorschriften über Umfang und Funktion später ausgearbeitet werden.

Für den Autobahnfunkdienst und für den Stadtfunkdienst sind je drei Frequenzpaare vorgesehen. Die Frequenzpaare werden einen Kanalabstand von jeweils 100 kHz haben, so daß ein Frequenzband von 600 kHz zu bestreichen ist. Mit Rücksicht auf den erheblichen Mehraufwand für das Schalten von sechs Frequenzpaaren [11] (je sechs Quarze für Sender und Empfänger) sollen die beweglichen Funkanlagen so ausgelegt werden, daß sie erlauben, max. vier in dem Band von je 600 kHz für Sender und Empfänger liegende Frequenzpaare zu schalten. Diese vier Frequenzpaare sollen beliebig gewählt werden können, weil auf diese Weise Kreuzmodulationen bei sinnvoller Frequenzaufteilung für Autobahn- und Stadtfunk möglichst vermieden werden.

Das Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild eines neuzeitlichen 20 W-Sprechfunkgerätes für Fahrzeuge für den Frequenzbereich von 156 MHz bis 174 MHz.

Die Frequenzmodulation des Senders wird über Phasenmodulation in einem Gegentakt-Phasenmodulator erreicht. Um den Sender konstant mit größtem Frequenzhub auszusteuern, durchläuft die Modulationsspannung eine automatische Hubbegrenzerstufe. Hierdurch wird der Frequenzhub weitgehend unabhängig von der Lautstärke, mit der das Mikrophon besprochen wird, auf seinem größten Wert ± 15 kHz

2) Die in den Vollzugsordnungen für den Funkdienst 1947 vorgesehenen Bedingungen reichen nicht aus, um künftig bewegliche Landfunkdienste ohne wesentliche gegenseitige Beeinträchtigung durchzuführen. Die angegebenen Bedingungen entsprechen daher in vielen Punkten etwa den schärferen Forderungen, wie sie von der Federal Communications Commission (FCC) für die USA aufgestellt worden sind [12].

3) Da die Störungen mit der Übertragung höherer Modulationsfrequenzen einen größeren Anteil ausmachen, wird das Verhältnis Signal zu Geräusch mit steigender Frequenz schlechter. Um nun auf dem ganzen übertragenen Frequenzband ein gleichbleibendes Verhältnis zu erreichen, hebt man senderseitig die Amplituden der hohen Modulationsfrequenzen gegenüber den tiefen an. Diesen Vorgang nennt man Vorverzerrung oder Pre-Emphasis. Auf der Empfangsseite muß man diese wieder rückgängig machen und spricht dann von Nachentzerrung oder De-Emphasis. In den USA ist für den beweglichen Landfunkdienst ein ganz bestimmter Frequenzgang genormt, und zwar 6 db/Oktave. In Deutschland wird die Ansicht vertreten, daß Pre-Emphasis beim beweglichen Landfunkdienst wegen des verhältnismäßig schmalen NF-Bandes keine entscheidenden Vorteile bringt im Gegensatz zum UKW-Rundfunk, bei dem Pre- und De-Emphasis vorgeschrieben sind.

Funkgerät	ortsfest		beweglich	
Sender:				
Frequenzbereich	156—174	MHz	156—174	MHz
HF-Ausgangsleistung	50/100	W	10/20	W
Frequenztoleranz *)	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	—	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	—
Oberwellenleistung (bezogen auf Leistung der Grundwelle)	40	db	40	db
Nebenwellenleistung (bezogen auf Leistung der Grundwelle)	80	db	80	db
Max. Frequenzhub (Spitzenwert mit selbsttätiger Hubbegrenzung)	± 15	kHz	± 15	kHz
NF-Durchlaßbereich [4])	300—2700	Hz	300—2700	Hz
Empfänger:				
Frequenzbereich	156—174	MHz	156—174	MHz
Empfindlichkeit (bei 20 db Signal/Rauschverhältnis)	1,0	μV	1,0	μV
Frequenztoleranz *)	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	—	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$	—
Schwächung der Spiegelwellen	70	db	70	db
Schwächung benachbarter Sender				
bei ± 75 kHz Abstand	83	db	83	db
bei ± 100 kHz Abstand	100	db	100	db
bei > 100 kHz Abstand	> 100	db	> 100	db
NF-Durchlaßbereich [4])	300—2700	Hz	300—2700	Hz
Kreuzmodulation	Zwei oder mehrere um mindestens einen Kanalabstand ober- oder unterhalb der zu empfangenden Frequenz arbeitende Sender, die je 20 mV Spannung am Empfängereingang erzeugen, dürfen keine höhere Kreuzmodulationsspannung im Nutzkanal ergeben als ein Nutzsignal von $\leqq 1\ \mu$V Eingangsspannung.			
Krachsperre	Zur Unterdrückung des Empfängerrauschens bei schwachem oder fehlendem Träger ist eine selbsttätige und abschaltbare Sperrschaltung mit einstellbarem Ansprechwert zwischen 0,5 und 10 μV HF-Eingangsspannung vorzusehen.			

*) Anzustreben ist ± 1 bis $2 \cdot 10^{-5}$.

Tafel III

4) Die Bestrebungen, den NF-Durchlaßbereich auf 300—3400 Hz auszudehnen, gehen auf 1937 zurück (CCJF-Frage). Der erzielbare Gewinn an Silbenverständlichkeit ist jedoch verhältnismäßig gering und wird nur bei geräuscharmen Leitungen

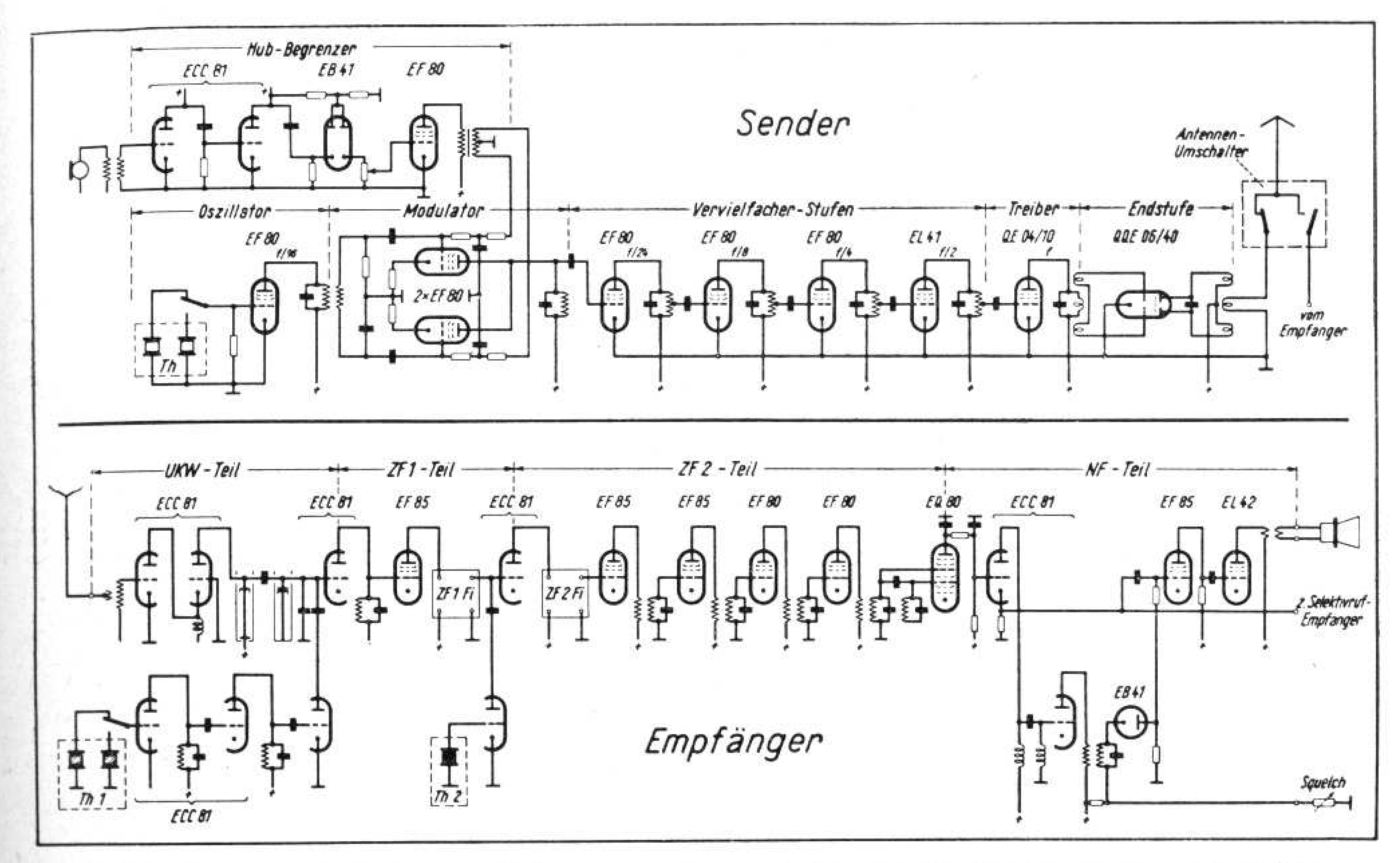


Bild 2. Prinzipschaltbild von Fahrzeugsender und -empfänger für den Frequenzbereich: 156—174 MHz

gehalten und dabei der maximale Frequenzhub nicht überschritten. Die Oszillatorstufe hat vier umschaltbare, in einen Thermostaten eingebaute Steuerquarze, mit denen der Sender auf je eine von 4 Betriebsfrequenzen geschaltet werden kann. Der Oszillator schwingt mit einer im Verhältnis 1 : 96 tieferen Frequenz als die endgültige Sendefrequenz. Die phasenmodulierte Grundfrequenz wird in mehreren Stufen einschließlich der Treiberstufe vervielfacht. Um die Nebenwellen aus Vervielfacherstufen zu unterdrücken, sind mehrere Bandfilter zwischen die Vervielfacherstufen geschaltet. Die Treiberstufe steuert die Gegentaktendstufe, die die frequenzmodulierte Hochfrequenz über ein 60 Ohm-Kabel an die Antenne abgibt. Für Fahrzeuganlagen beträgt die abgegebene HF-Leistung etwa 20 W. Durch Erhöhen der Anodenspannung für die Endstufe — beim Einsatz für ortsfeste Anlagen — kann die Leistung auf etwa 50 W erhöht werden [15].

Bei Wechselsprechbetrieb und bedingtem Gegensprechen liegt zwischen Endstufe und Antenne ein Antennenumschaltrelais. In Gegensprechanlagen wird an Stelle des Relais eine Antennenweiche eingesetzt.

---

erreicht [13, 14]. Da die drahtlosen Übertragungswege dieser Funkdienste kaum geräuscharm sind, wird die Silbenverständlichkeit nur wenig verbessert, so daß es den Aufwand nicht lohnt, bei beweglichen Landfunkdiensten über 3000 Hz als obere Grenze hinauszugehen. Im Hinblick auf die vorhandenen Einrichtungen des Fernmeldedienstes und das Anwachsen der Geräuschamplituden mit steigender Frequenz bei Funkübertragungen ist das NF-Band für öffentliche bewegliche Landfunkdienste auf 300—2700 Hz festgesetzt worden.

Der Empfänger ist als Überlagerungsempfänger mit 2 voneinander unabhängigen Oszillatorstufen aufgebaut. Das HF-Signal kommt von der Antenne über ein 60 Ohm-Kabel und das Antennenumschaltrelais (Antennenweiche) zur UKW-Vorstufe. Über ein zweikreisiges UKW-Filter mit Topfkreisen kommt das HF-Signal zur ersten Mischstufe, wird überlagert und gelangt über Filter und Verstärker der ersten Zwischenfrequenz von etwa 10,7 MHz zur zweiten Mischstufe. Beide Oszillatoren werden durch Quarze gesteuert, die in Thermostaten eingebaut sind. Für den ersten Oszillator sind 4 umschaltbare Quarze vorgesehen. Das in der zweiten Mischstufe überlagerte Signal geht über einen Bandpaß, der für einen Kanalabstand von 100 kHz ausgeführt ist. Dieser temperaturkompensierte Bandpaß, der je nach Kanalabstand aus 13 oder mehr abgestimmten Kreisen besteht, gewährleistet eine hohe Selektivität des Gerätes. Das Filter braucht auch nach längerer Betriebszeit nicht nachgestimmt zu werden. Das Signal geht über den Verstärker für die zweite Zwischenfrequenz von etwa 1 MHz an die Begrenzerstufe, wo es auf einen konstanten Wert begrenzt und in einer Phasendiskriminatorschaltung mit der Röhre EQ 80 demoduliert wird. Die gewonnene NF-Spannung geht über Verstärker und Endstufe an den Hörer des Handapparates oder in ortsfesten Anlagen auf die Leitung. Die Einrichtungen zur Geräuschunterdrückung (Krachsperre) vervollständigen den Empfänger auf der NF-Seite. Sämtliche Quarze sind auch hier in Thermostaten eingebaut. Die in der Diskriminatorstufe verwendete Röhre EQ 80 stellt eine interessante Neuentwicklung auf dem Röhrensektor dar. Sie besitzt 7 Gitter und wird als „Enneode“ bezeichnet [16].

Der Gesamt-Röhrenaufwand in den Fahrzeuganlagen ist nicht unbeträchtlich, so daß schon allein aus diesem Grunde die Verwendung neuester platz- und stromsparender Röhren (Rimlock, Miniatur) zur Bedingung wird, um die Ausmaße und den Stromverbrauch der Anlagen möglichst klein zu halten.

Eine bewegliche Funkstelle wird aus einem Sender, einem Empfänger, einem Bedienungsgerät mit Handapparat und Auflage, einem Selektivrufzusatzgerät, einer Antenne mit Kabel und Antennenweiche sowie Umformer oder Zerhacker zur Stromversorgung aus 6 bzw. 12 V-Batterie bestehen.

Das Kraftfahrzeug muß einwandfrei entstört sein, und zwar nicht nur Zünd- und Lichtanlagen, sondern auch Elektromotoren, z. B. des Scheibenwischers und der Heizung, Bremstrommeln, Getriebezahnräder u. a. Die Entstörung der Zündanlagen von Kraftfahrzeugen ohne Funkanlage ist ebenfalls notwendig, weil deren Störungen einem in der Nähe fahrenden Sprechfunkteilnehmer ein Funkgespräch empfindlich beeinträchtigen, in vielen Fällen das Empfangen sogar unmöglich machen. Es ist jedoch zu erwarten, daß nach allgemeiner Einführung der Zündkerzen mit eingeschmolzenem Dämpfungswiderstand solche Störungen wesentlich geringer werden.

Im Bild 3 ist eine 20 W-Sprechfunkanlage (Sender-, Empfänger- und Stromversorgungsteil) für Fahrzeuge wiedergegeben. Links vorn ist der Senderteil, links hinten der Empfängerteil zu sehen, während der Stromversorgungsteil hinter Sender und Empfänger — im Bild rechts — angeordnet ist. Die Anodenspannungen für Sender und Empfänger werden aus einer gemeinsamen Zerhackerpatrone gewonnen, die zwei voneinander unabhängige Kontaktsysteme besitzt, um für Sender- und Empfängeranodenstrom getrennte Stromkreise zu schalten. Bild 4 zeigt eine ortsfeste 50 W-Sprechfunkanlage in Gestellbauweise. In beiden Fällen sind die Schutzkappen abgenommen. Auf diesem Bild sicht man oben in dem Gestell den Sender mit den Vorstufen (links) und der Leistungsstufe (rechts), darunter das Meß- und Überwachungsfeld mit Handapparat zur Ortsbesprechung und Handapparatauflage. In der Mitte sitzt der mit Miniaturröhren bestückte Empfänger, während unten das Netzteil zu erkennen ist.

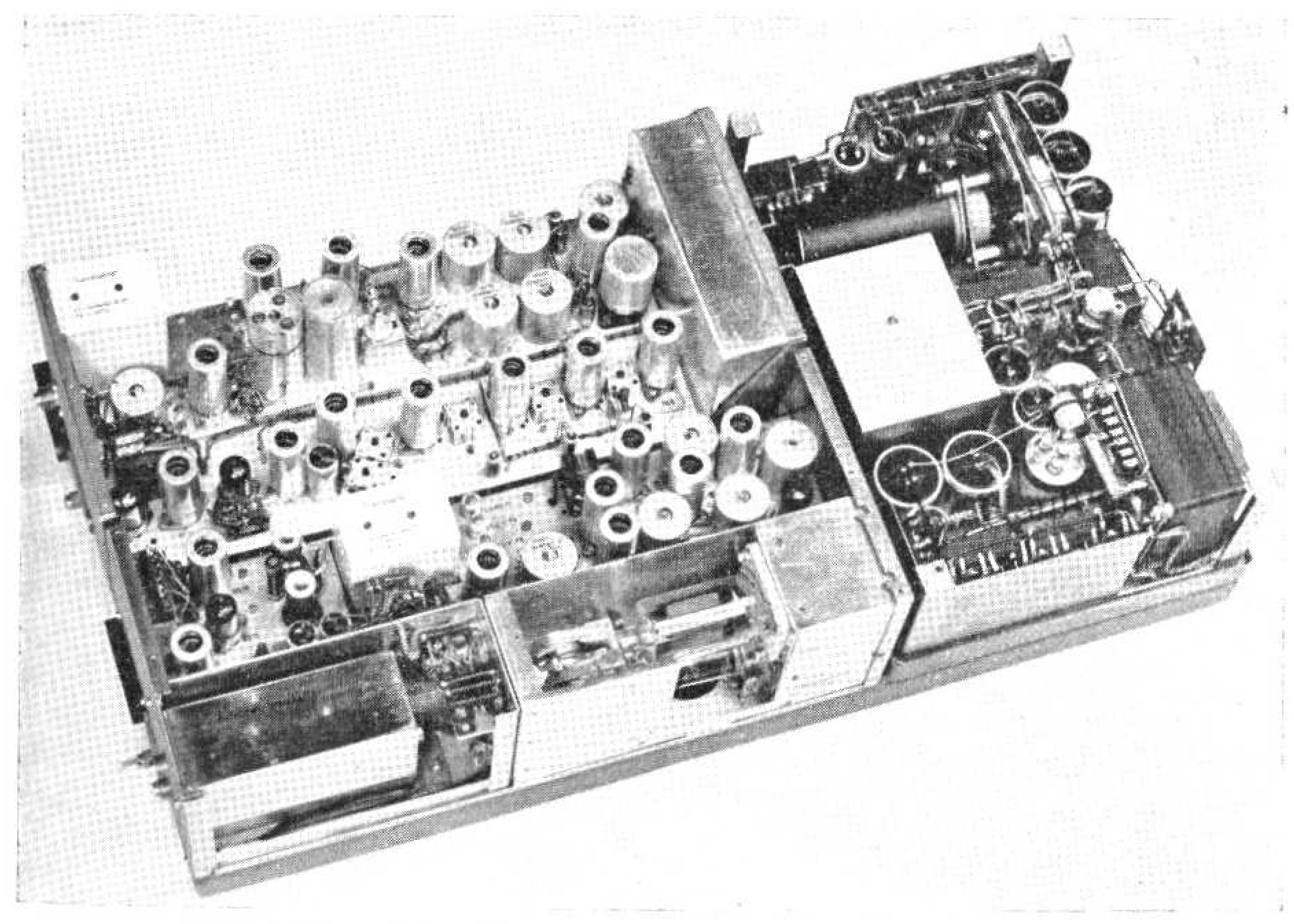


Bild 3. Bewegliche 20 W-Sprechfunkanlage für das 2 m-Band (Schutzkappen abgenommen)

f) Zugfunkdienst

Da es sich beim Fernsprechen mit Reisenden in fahrenden Zügen um einen Sprechverkehr in das öffentliche Fernsprechnetz der Deutschen Bundespost handelt, gehört dieser Sprechfunkdienst auch zum öffentlichen beweglichen Landfunkdienst; er wird „Zugfunkdienst" genannt [17].

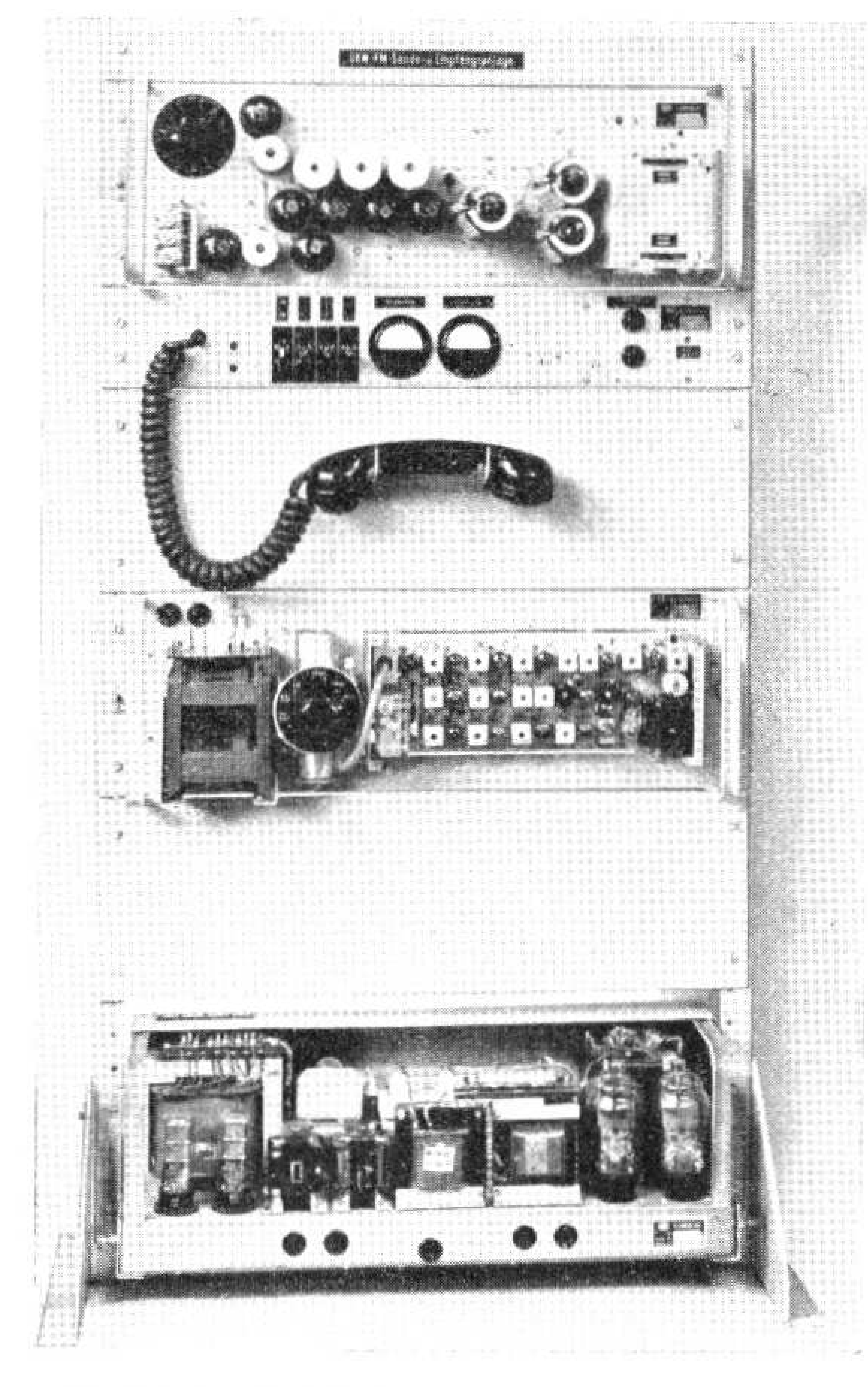


Bild 4. Ortsfeste 50 W-Sprechfunkanlage für das 2 m-Band in Gestellbauweise (Schutzkappen abgenommen)

Es ist beabsichtigt, ein öffentliches Zugfunknetz aufzubauen, das sich schließlich auf alle FD-Strecken ausdehnen soll. Die Planung wird zuerst die von Schnelltriebwagen (FDt) befahrenen Strecken erfassen. Mit der Deutschen Bundesbahn wurde vereinbart, daß die ortsfesten Einrichtungen von der Deutschen Bundespost erstellt, während die bei der Eisenbahn erforderlichen beweglichen Anlagen von der Deutschen Bundesbahn beschafft und betrieben werden. Der Zugfunkdienst hat viel mit dem Autobahnfunkdienst gemeinsam. Daher wird es möglich sein, die eine oder andere ortsfeste Funkstelle dieses Dienstes mitzubenutzen. Im Rahmen des Aufbaues der Versuchsanlage II werden entsprechende Meßfahrten auf den Rheinuferstrecken und bis Karlsruhe mit einem Sonderfahrzeug des Eisenbahnzentralamtes der Deutschen Bundesbahn in München durchgeführt werden, um mit schreibenden Meßgeräten den Verlauf der Feldstärke ortsfester Sender längs dieser Strecken zu erfassen. Die Auswertung der Messungen wird dann ergeben, welche Punkte für ortsfeste Funkstellen in Betracht kommen

oder durch Anbringen von Richtantennen (z. B. Winkelreflektorantennen) verbessert werden müssen. Da auch beim Autobahnfunkdienst die rein theoretische Planung durch derartige Feldstärkemessungen untermauert oder berichtigt werden muß, können diese Messungen auf der Strecke Duisburg—Karlsruhe zum großen Teil gleichzeitig auf Schiene und Straße gemacht werden.

Da die Frequenzpaare für den Zugfunkdienst auch in dem Bereich von 156 MHz bis 174 MHz vorgesehen sind, werden für die Eisenbahn praktisch die gleichen beweglichen Sprechfunkanlagen wie beim Autobahnfunkdienst zum Einsatz kommen.

g) Übergangsschaltung Funk auf Draht

Eine in Entwicklung befindliche Übergangsschaltung von Funk- auf Drahtwege enthält die Einrichtungen für die Übertragungstechnik beim Übergang von Funk auf Draht, den Selektivrufgeber, die Fernsteuerung und Rückmeldung und die Überleitungsplätze. Die Einrichtungen für den Übergang von Funk auf Draht dienen dem Anschluß der Funkstrecken an das Netz der Orts- und Fernleitungen und tragen den besonderen übertragungstechnischen Bedingungen an dieser Übergangsstelle Rechnung [18].

Selektivruf

Im Gegensatz zum Drahtfernsprechdienst kann nicht jeder beweglichen Funkstelle ein eigener Übertragungsweg zugeordnet werden. Es ist vielmehr zweckmäßig, aus einer größeren Anzahl von beweglichen Teilnehmern, die sich in ein und demselben Empfangsbereich bewegen, einen bestimmten Teilnehmer herauszuwählen und den andern Teilnehmern Empfang und Sendung zu sperren. Der Wahlvorgang über Drahtwege unterscheidet sich von demjenigen über Funkwege auch dadurch, daß die Übertragungsbedingungen beim Funkverkehr wesentlichen Schwankungen unterworfen sind. Daher haben die üblichen Impulswahlsysteme der Draht-Fernsprechtechnik bei den beweglichen Landfunkdiensten kaum große Bedeutung erlangt, weil die Möglichkeit von Fehlanrufen durch kurzzeitige Feldstärkeabsenkungen zu groß ist.

Allerdings werden in der Schweiz [1, 5, 6] und zum Teil auch in den USA Impulswahlsysteme mit Quersummenkontrolle im Selektivrufempfänger des Fahrzeugs angewendet. Die konstante Quersumme der Rufnummern vermeidet irgendwelche Fehlanrufe durch Verstümmelungen oder fehlende Impulse bei Feldstärkeeinbrüchen an der Fahrzeugantenne. Bei dem Western Electric-System (WE) werden 5stellige Rufnummern mit der Quersumme 23 eingesetzt. Die Impulsübertragung der einzelnen Ziffern geschieht nach dem Zweitonprinzip mit den beiden Tonfrequenzen 600 und 1500 Hz, d. h. Zeichenstrom und Trennstrom werden durch je einen Ton dieses Tonpaares dargestellt [19].

Da die Zahl der möglichen Teilnehmer durch diese Bedingung stark eingeschränkt ist, kommen solche Systeme nur für örtlich be-

grenzte Funknetze in Betracht. Das beschriebene WE-System ergibt weniger als 5000 brauchbare Rufnummern.

Das öffentliche bewegliche Landfunknetz soll zu einem späteren Zeitpunkt mit einem Selektivruf versehen werden. Das Selektivrufsystem wird für mehr als 10 000 Teilnehmer bemessen werden. Die Übertragung der Wählzeichen erfolgt vorteilhaft mit einem Frequenz-Codeverfahren [20]. Bei einem dekadisch aufgebauten Verfahren werden dann für die Ziffernwahl 5 Tonfrequenzen und für die Sperrung und Entsperrung der nicht gerufenen Teilnehmer eine 6. Frequenz benötigt. Die gleichzeitige Aussendung von 2 Frequenzen aus einer Gesamtzahl von 5 Frequenzen ergibt

$$\binom{n}{p} = \binom{5}{2} = 10 \text{ Kombinationen.}$$

Damit können die Ziffern 1, 2, 3 ... bis 0 dargestellt werden.

Der Selektivrufgeber besteht aus einem Tonfrequenz-Röhrengenerator für die notwendigen 6 Frequenzen und wird im Überleitungsamt (ÜLA) bzw. im zugehörigen Verstärkeramt untergebracht. Die Aussendung einer Rufnummer kann mit Hilfe eines 10teiligen Drucktastengebers ohne oder mit Speicherung oder durch Wahl der Rufnummer mittels Nummernscheibe mit Umrechner geschehen. Da die Rufnummern für ein 100 000er-System fünfstellig sind, werden nacheinander fünfmal Doppeltöne erzeugt, die über die Vierdrahtverbindung zum ortsfesten Sender übertragen und dort ausgestrahlt werden.

Bild 5 zeigt die Versuchsausführung eines Selektivrufempfängers (Selektivrufzusatzgerät). Das Selektivrufzusatzgerät im Kraftfahrzeug erhält über dessen UKW-Empfänger die ausgestrahlten Tonfrequenzen zugeführt. Es enthält 7 Tonfrequenzkreise mit Gleichrichtern. Die Aus-

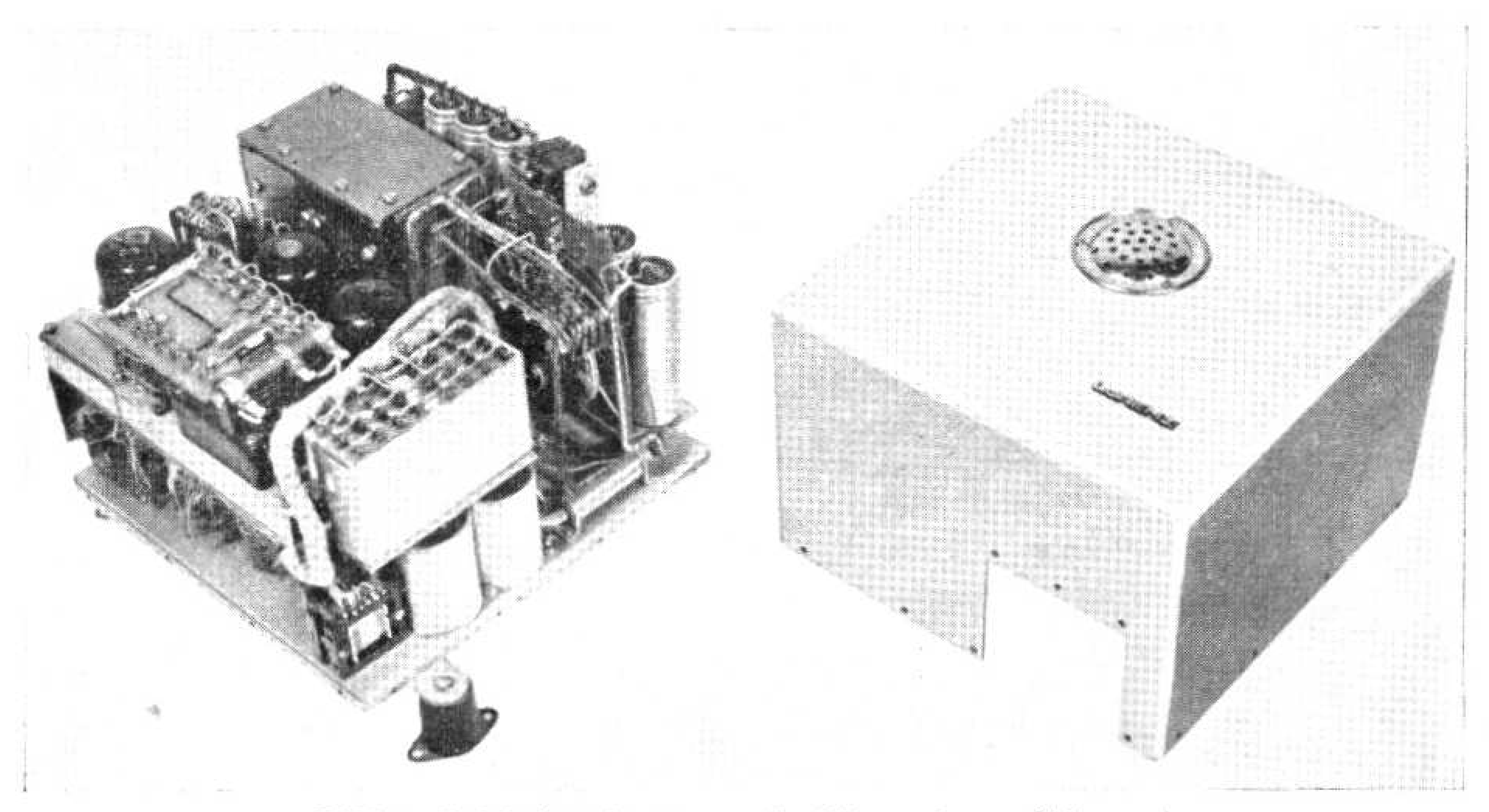


Bild 5. Selektivrufzusatzgerät (Versuchsausführung)

gänge von 5 Gleichrichtern sind an ein Rangierfeld geführt. Durch entsprechende Schaltung in diesem Rangierfeld kann jede beliebige fünfstellige Rufnummer eingestellt werden. Die Auswertung der Gleichstromsignale geschieht dann über geeignete Relaisanordnungen. Durch Einsatz eines mehrteiligen Schrittschaltwerkes kann die Zahl der erforderlichen Relais erheblich herabgesetzt werden.

Da die Sperrfrequenz bereits bei Belegung des ortsfesten Senders vor der Nummernwahl ausgesendet worden ist, sind vorerst sämtliche Fahrzeuganlagen gesperrt, d. h. der Hörer des Handapparates ist abgeschaltet und der Sender kann auch durch Drücken der Handapparat-Taste nicht betätigt werden. Dieser Sperr- oder Besetztfall soll durch ein farbiges Lämpchen (z. B. rot) am Bedienungsgerät angezeigt werden. Trifft nun ein Anruf für den Teilnehmer ein, so erlischt dieses rote Lämpchen nur bei dem gerufenen Teilnehmer und ein einmaliges Weckersignal ertönt, während ein zweites farbiges Lämpchen (z. B. grün) so lange leuchtet, bis der Anruf entgegengenommen worden ist. Auf diese Weise erkennt der Fahrer, wenn er beim Ankommen eines Anrufes nicht im Wagen war, daß während seiner Abwesenheit angerufen worden ist. Ferner sind noch sprachabhängige Einrichtungen vorhanden, die solche Fahrzeugteilnehmer, die ihre Sprechfunkanlage nach Aussenden des Sperrimpulses einschalten oder die Funkanlage kurzzeitig ausgeschaltet hatten, noch während eines bereits laufenden Funkgespräches sperren. Beim Entgegennehmen eines Anrufes im Kraftfahrzeug ist der Hörer des Handapparates bereits wieder eingeschaltet, und der Sender kann durch Drücken der Handapparat-Taste betätigt werden.

Wünscht nun ein Fahrzeugteilnehmer einen Teilnehmer des Draht-Fernsprechnetzes zu sprechen, so sendet die Fahrzeuganlage beim Drücken des Rufknopfes am Bedienungsgerät ein tonfrequentes Signal aus, das den ortsfesten Sender in Betrieb setzt, die anderen Fahrzeuge sperren läßt und am Überleitungsplatz einen Anruf auslöst. Die Beamtin fragt ab und stellt darauf die verlangte Verbindung im Rückruf mit dem Fahrzeug her. Da auf eine Handvermittlung nicht verzichtet werden kann, ist nicht beabsichtigt, für die Übertragungsrichtung Fahrzeug-Amt irgendwelche Selektivrufeinrichtungen zur unmittelbaren Wahl ins Netz oder ähnliches mit Ausnahme des vorerwähnten Tonrufs vorzusehen.

Das hier beschriebene Selektivrufverfahren ist so aufgebaut, daß die Träger der ortsfesten Sender in den Pausen zwischen den Gesprächen nicht ausgestrahlt werden (Arbeitsstromsystem). Im Abschnitt III unter C wird auf ein Selektivrufverfahren hingewiesen, das mit durchlaufendem tonmodulierten Träger der ortsfesten Sender arbeitet (Ruhestromsystem) und beim Hafenfunk in Hamburg versuchsweise eingesetzt werden wird. Welchem Verfahren der Vorzug zu geben ist, sollte nicht ohne eingehende Versuche entschieden werden. Daher wird die Versuchsausführung des oben erwähnten Systems für 100 000 Teilnehmer, bestehend aus 4 Selektivrufzusatzgeräten für Kraftfahrzeuge,

einem Hauptrufteil und Zubehöreinrichtungen, in Erweiterung der Versuchsanlage II zur Erprobung in Frankfurt (Main) eingesetzt werden. Der Aufbau einer ortsfesten Landfunkstelle, die unabhängig von den Funkstellen der Autobahnstrecke Duisburg—Karlsruhe ist und auf einer Stadtfunkfrequenz arbeiten wird, ist hierfür vorgesehen.

Die 6 Tonfrequenzen dieses Selektivrufsystems stellen eine geometrische Reihe dar. Der Faktor dieser Reihe ist so gewählt, daß die Harmonischen stets in die Lücken fallen, um eine Fehlerquelle auszuschalten. Auf diese Art lassen sich in dem übertragenen NF-Band von 300 bis 2700 Hz nur 10 Glieder dieser geometrischen Reihe unterbringen, weil die Tonfrequenzkreise im Selektivrufempfänger keine ausgeprägte Resonanzspitze aufweisen. Der Faktor dieser geometrischen Reihe darf daher nicht kleiner als etwa 1,2 gewählt werden. Der Leistungsbedarf, der zur Betätigung der nachfolgenden Relais über die Tonfrequenzkreise und Gleichrichter vom UKW-Empfänger aufgebracht werden muß, liegt bei etwa 1,5 bis 2 W. Diese Leistung ist nicht unbeträchtlich, wenn man die für den Hörer des Handapparates mit etwa 10—20 mW ansetzt. Es ist daher verständlich, daß nach anderen Möglichkeiten beim Selektivruf gesucht wurde.

Eine interessante Lösung stellt daher die Verwendung von abgestimmten und in einer Spule befindlichen Metallzungen aus magnetischem Material an Stelle der Tonfrequenzkreise dar. Wird die umgebende Spule von einem Strom mit der richtigen Frequenz durchflossen, gelangen die Zungen zum Schwingen und schließen Kontakte. Da diese Relais mit schwingenden Metallzungen eine beachtliche Resonanzschärfe besitzen, können die einzelnen Kanäle enger aneinander liegen.

In Bild 6 sind die Bauelemente eines Resonanzrelais wiedergegeben. Man erkennt rechts im Bild den Einsatz mit den beiden Metallzungen und zwischen den Spitzen dieser Zungen den Kontakt. Links daneben liegt die Spule, in die der Einsatz eingeschoben wird; dann folgen Isolierschlauch und Schutzhülle mit Beschriftung.

Ein in den USA nach diesem Prinzip entwickeltes Selektivrufsystem benutzt 32 Tonfrequenzen, die im Band von etwa 350 bis 850 Hz untergebracht sind. Die einzelnen Frequenzen haben demnach einen Abstand von nur 15 Hz voneinander [21].

Bei diesem nichtdekadisch aufgebauten System der Firma Bell Telephon Comp. werden zur Rufnummernwahl gleichzeitig 4 Tonfrequenzen ausgesendet. Man erhält dann

$$\binom{32}{4} = 35\,960 \text{ Kombinationen.}$$

Die Bandbreite der Zungenrelais wird mit 1,2 Hz über den ganzen Bereich angegeben. Daher variiert dann der Gütefaktor Q zwischen 300 für die niedrigste und 670 für die höchste Frequenz in dem bereits erwähnten Bereich. Bei 4 Relais in einer gemeinsamen Spule sind nur etwa 0,7 mW/Relais bei jeder Frequenz aufzubringen. Mit Hilfe von auf

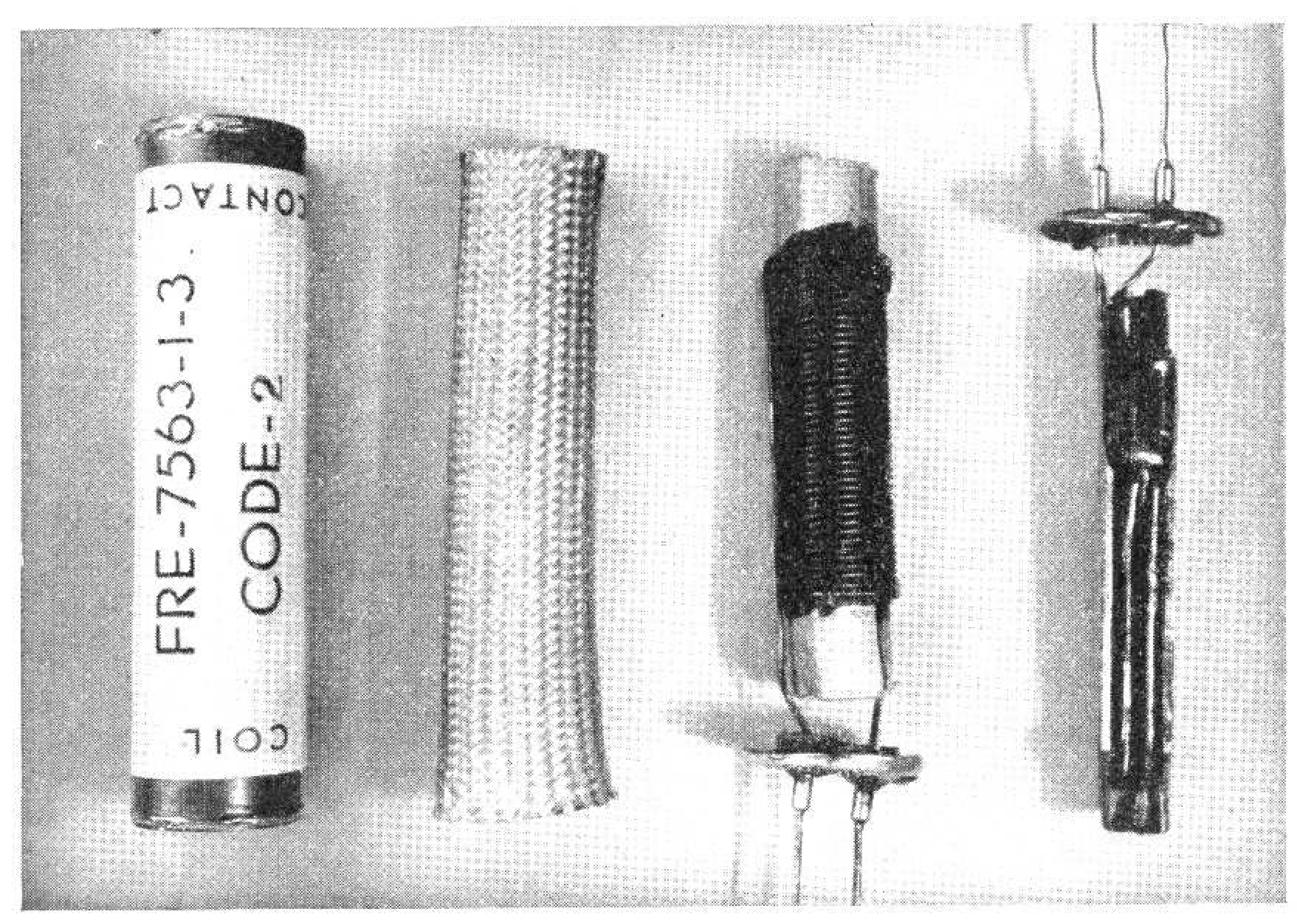


Bild 6. Resonanzrelais für die bewegliche Funkstelle in natürlicher Größe (Resonanzfrequenz: 390 Hz)

den Zungen verschiebbaren, kleinen Abstimmreiterchen kann die Frequenz dieser Relais mit einer Genauigkeit von 0,05 Hz auf die Sollfrequenz justiert werden. Auch soll sich die eingestellte Frequenz über einen Temperaturbereich von -40° bis $+85^{\circ}$ C weniger als $\pm$ 0,5 Hz ändern.

Es liegt nahe, die Resonanzrelais ohne Kontakte in einer Brückenschaltung als äußerst selektive Filter am ortsfesten Sender einzusetzen, um die erforderliche Genauigkeit der Tonfrequenzen auf der Sendeseite zu erzielen. Bei dieser Anordnung steigt Q sogar bis auf 1000, weil jetzt verschiedene dämpfende Einflüsse, die bei den Resonanzrelais mit Kontakten gegeben sind, wegfallen.

Um solche Relais auch beim Selektivruf in Deutschland einsetzen zu können, bedarf es allerdings noch intensiver Entwicklungsarbeit, die sich weniger auf die Konstruktion der Relais an sich, als vielmehr auf die Erforschung des geeigneten magnetischen Materials für die Metallzungen erstrecken wird. Diese Arbeit ist durchaus lohnend, weil nur auf solche Weise der heute noch erhebliche Aufwand beim Selektivrufempfänger vermindert werden kann.

Da die Leistung für diese Relais sogar unter der für das Telephon notwendigen Leistung liegt, kann eine besondere Leistungsendstufe im UKW-Fahrzeugempfänger wegfallen und damit auch der Stromversorgungsteil schwächer ausgelegt werden. Alle diese Argumente sprechen für die Resonanzrelais. Es wird also allein von der Industrie abhängen, die noch erforderliche Entwicklungsarbeit aufzuwenden. Die

Deutsche Bundespost sieht in der Anwendung der Resonanzrelais in einem nichtdekadischen Selektivrufsystem nach $\binom{32}{4}$, das n. F. sogar auf $\binom{32}{5}$ erweitert werden kann, die beste Möglichkeit, den öffentlichen beweglichen Landfunkdienst mit tragbarem Aufwand für Post, Teilnehmer und Hersteller wirtschaftlich zu gestalten.

Resonanzrelais ähnlicher Art sind auch in Deutschland seit langer Zeit bekannt [21].

Fernsteuer- und Rückmeldeeinrichtungen

Die festen Funkstellen, die mehr oder weniger weit von der Vermittlungszentrale entfernt (max. 200 km) und bemannt oder unbemannt betrieben sein können, werden ferngeschaltet bzw. fernüberwacht. Die hierzu notwendigen Kommandos werden je nach Entfernung gleichstrommäßig oder im Wechselstromfernwahlverfahren übertragen und am Aufstellungsort der festen Funkstellen in Gleichstrom-Schleifenschlußkriterien umgesetzt.

Für die Übertragung der Fernsteuer- und Rückmeldekommandos soll die 50 Hz-Zeichengabe auf den Sprechstromkreisen zu den festen Funkstellen verwendet werden. Befinden sich Sender und Empfänger am gleichen Ort, so wird für die Zeichengabe nur eine Sprech-Doppel-Ader der Vierdrahtleitung benötigt. Bei getrenntem Aufbau von Sender und Empfänger ist die Zeichengabe auf beiden Doppeladern erforderlich.

Die Endstellen im Überleitungsamt (ÜLA) und den festen Funkstellen werden für Aussendung und Empfang der Kommandos mit Kommandogeräten versehen. Das Kommandogerät beim ÜLA wird durch eine Nummernscheibe gesteuert. Außerdem ist eine automatische Ein- und Ausschaltung der Träger der festen Funkstellen durch Stecken oder Ziehen des Abfragestöpsels am Überleitungsplatz vorgesehen. Mit dem Kommandogerät ist ferner ein Anzeigegerät verbunden, das die Art der ausgesandten und empfangenen Kommandos durch Aufleuchten entsprechender Lampen anzeigt. Die Kommandogeräte der festen Funkstellen geben die Kommandos in Form von bestimmten Kriterien an die verschiedenen Steuergeräte ab oder nehmen sie von diesen als bestimmte Kennzeichen entgegen.

Überleitungsplätze

Überleitungsplätze werden zur individuellen Betreuung der Funkwege als notwendig angesehen. Der Dienst am Überleitungsplatz setzt großes Einfühlungsvermögen in die besonderen Belange und Verhältnisse der Funkübertragung und technisches Verständnis voraus.

Dienstbehelfe besonderer Art müssen dem Überleitungsplatz zur Verfügung stehen. Das Herbeirufen des ans öffentliche Netz angeschlossenen Teilnehmers ist dagegen eine verhältnismäßig einfache Aufgabe, die, sofern die entsprechenden betrieblichen Voraussetzungen durch Vorrangabwicklung solcher Gespräche geschaffen werden, schnell

möglich sein muß. Sie kann in der üblichen Weise vom Fernamt übernommen werden. Die Überleitungsplätze müssen über die erforderlichen Verbindungsleitungen zum Fernamt und über eigene Wählleitungen zur selbständigen Abwicklung des Orts- und Nahverkehrs sowie des Selbstwählferndienstes verfügen.

III. Fernsprechen mit beweglichen Sprechstellen auf Binnen- und Küstenschiffen

A. Übersicht über die derzeitigen Dienste

Der Sprechfunkdienst mit beweglichen Funkstellen der Binnenschiffahrt umfaßt z. Z. den Eisbrecherfunk-, den Rheinfunk- und den Hafenfunkdienst einschließlich des Küstennahverkehrs. Der Eisbrechersprechfunkdienst auf der Elbe ist ein nichtöffentlicher Dienst der Wasserstraßenverwaltung, der Rheinfunkdienst dagegen ein öffentlicher Dienst der Deutschen Bundespost. Beide Dienste werden unter Verwendung der Sendeart A 3 im Frequenzbereich zwischen 1605 kHz und 2850 kHz, dem sog. Grenzwellenbereich, abgewickelt.

Abweichend davon wird der Hafen- bzw. Küstennahverkehr mittels der Ultrakurzwellen im Bereich von 156 MHz bis 174 MHz durchgeführt. Er gibt vorerst den Hafen- und Küstenfahrzeugen innerhalb der Hochseehäfen Hamburg, Bremen und Kiel eine Sprechverbindung in das öffentliche Fernsprechnetz. Die Ausweitung dieser Hafennetze auf die Flußmündungen und das Küstengebiet ist vorgesehen; dadurch soll eine Entlastung der Grenzwelle herbeigeführt werden, die im Seefunkdienst von kleineren Fahrzeugen bis zu 1600 BRT hinauf verwendet wird. Nachstehend seien die verschiedenen Betriebszweige im einzelnen beschrieben.

B. Fernsprechen mit Binnenschiffen

1. Der Eisbrecherfunkdienst

Der Eisbrecherfunkdienst wurde bereits im Jahre 1937 eingerichtet mit dem Zweck, der Wasserstraßenverwaltung die Möglichkeit zu geben, den Eisbrechern schnellstens Anweisungen zu erteilen. Das Netz umfaßte bis zum Zusammenbruch im Jahre 1945 die Flußgebiete der Elbe, der Oder, den Königsberger Seekanal und das Memeldelta. Während die letzteren drei Verkehrskreise insbesondere auf die Mündungsgebiete bzw. auf Küstennähe beschränkt waren, griff das Netz längs der Elbe bis nach Magdeburg hinauf. So befanden sich Landfunkstellen für die Elbe in Burg, Havelberg, Lenzen, Boizenburg und Hamburg, für die Oder in Stettin und Swinemünde, für den Königsberger Seekanal in Pillau und für das Memeldelta in Kuckerneese und Ruß.

Die Landfunkstellen wurden von der früheren Deutschen Reichspost eingerichtet und betrieben. Sie waren in einem Abstand von etwa 50 km voneinander entfernt errichtet. Da der Dienst als Gegensprech-

oder Duplexbetrieb abgewickelt wurde, waren für die Sende- und Empfangsrichtung verschiedene Frequenzen eingesetzt. Die ortsfesten Anlagen bestanden aus der Sende- und Empfangsanlage einschließlich der Endeinrichtungen für den Übergang ins Landnetz. Die Leistung der ortsfesten Sender betrug 10 W bis 100 W, die der Fahrzeugsender etwa 20 W. Für die Fahrzeuge wurden gängige Funkgeräte des Seefunkdienstes verwendet. Die Schiffsfunkstellen wurden durch die Debeg errichtet und betreut. Die Erfahrungen, die mit diesem nur zeitweilig während des Winters arbeitenden Dienst in den letzten Jahren gesammelt wurden, waren gut.

Gegenwärtig sind nur noch 2 Stationen an der Unterelbe vorhanden, und zwar in Lauenburg und in Hamburg. Sie bestreichen das Gebiet bis zur Elbmündung.

2. Der Rheinfunkdienst

Nach dem gleichen Schema wie der Eisbrecherfunkdienst ist auch der Rheinfunkdienst in seiner ersten Entwicklungsphase aufgebaut worden. Mit den ersten Versuchen wurde seitens der Deutschen Bundespost Ende 1948 begonnen, um geeignete Aufstellungsorte für die Landfunkstellen auszukunden. Die Versuche wurden in engem Einvernehmen mit der Verwaltung für Verkehr durchgeführt und erstreckten sich zunächst auf die schwierigste Strecke des Rheins, das ist die Gebirgsstrecke zwischen Rüdesheim und Koblenz. Weitere Versuche zur Versorgung eines großen Hafengebietes wurden in Mannheim in Zusammenarbeit mit dem Badischen Hafenamt durchgeführt.

Auch seitens anderer Verwaltungen der Rheinanliegerstaaten bestand ein lebhaftes Interesse an der Einführung eines Rheinfunkdienstes. So wurden durch die holländische und schweizerische Postverwaltung ebenfalls Versuche im Kurz- und Grenzwellenbereich durchgeführt, wobei angestrebt war, die Verbindung zwischen dem Schiff und einer in dem betreffenden Lande gelegenen Landfunkstelle durch Einsatz verschiedener Wellenbereiche aufrecht zu halten. Entsprechend dem internationalen Charakter der Rheinschiffahrt wurden dann auch die Fragen der Einrichtung eines Rheinfunkdienstes auf einer internationalen Konferenz erörtert, die durch die holländische Postverwaltung im April 1949 nach Den Haag einberufen war und an der sämtliche Rheinanliegerstaaten, wie Belgien, Frankreich, Holland, die Schweiz und die Westzonen Deutschlands teilnahmen [23]. Hier wurde die Einrichtung eines internationalen Rheinfunkdienstes grundsätzlich beschlossen und ein vorläufiges Abkommen über den Aufbau des Netzes und die Betriebsabwicklung getroffen. Nach diesem sollte die Gesamtlänge des Rheins in etwa 7 Verkehrsbereiche aufgeteilt werden, von denen rd. 3 auf deutsches Gebiet entfielen. Ein Schiff soll seinen Verkehr dann nur über diejenige Landfunkstelle abwickeln, innerhalb deren Verkehrsbereich es sich jeweils befindet. Als Frequenzbereich wurde der Grenzwellenbereich gewählt.

a) Die Netzgestaltung

Die Versuche ergaben, daß auch innerhalb der Gebirgsstrecke seitens der Landfunkstelle eine Reichweite von 50 km erzielt wird, bei einer Trägerleistung des Senders von 200 W und einem Verhältnis Signal zu Geräusch von mindestens 15 db. Um diesen Wert sicherzustellen, ist ein Feldstärkewert von rd. 20 μV/m erforderlich. Innerhalb der Ebene sind entsprechend größere Reichweiten zu erzielen. Unter Zugrundelegung dieser Werte kommt man auf einen durchschnittlichen Abstand der ortsfesten Anlagen von 100 bis 150 km. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es nun zweckmäßig und infolge der günstigen Ausbreitungsverhältnisse der Grenzwelle auch möglich, die ortsfesten Anlagen meist in vorhandenen Dienstgebäuden — insbesondere Verstärkerämter, Fernämter usw. —, die günstig zum Fernleitungsnetz gelegen sind, mit unterzubringen, wodurch auch die Frage der Stromversorgung gelöst ist. Weitere Vorteile ergeben sich durch Rückgriff auf vorhandenes Fachpersonal für die Wartung und Überwachung der Anlagen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sind ortsfeste Anlagen längs des Rheins in Mannheim, Rüdesheim, Köln und Wesel errichtet worden. Es zeigte sich jedoch, daß die Versorgung des Raumes um Koblenz mangelhaft war. Daher wurde in Ehrenbreitstein eine abgesetzte Funkstelle kleinerer Leistung errichtet, die auf der Frequenz des Rüdesheimer Senders arbeitet und an Stelle des Senders Rüdesheim eingeschaltet werden kann, wenn der Verkehr mit einem Schiff im Raume Koblenz abgewickelt werden soll. Eine Übersicht über das vorhandene Netz ist in Bild 7 wiedergegeben. Dieses Netz stellt die Versorgung des Rheins von Speyer (Rhein-km 400) bis zur deutsch-

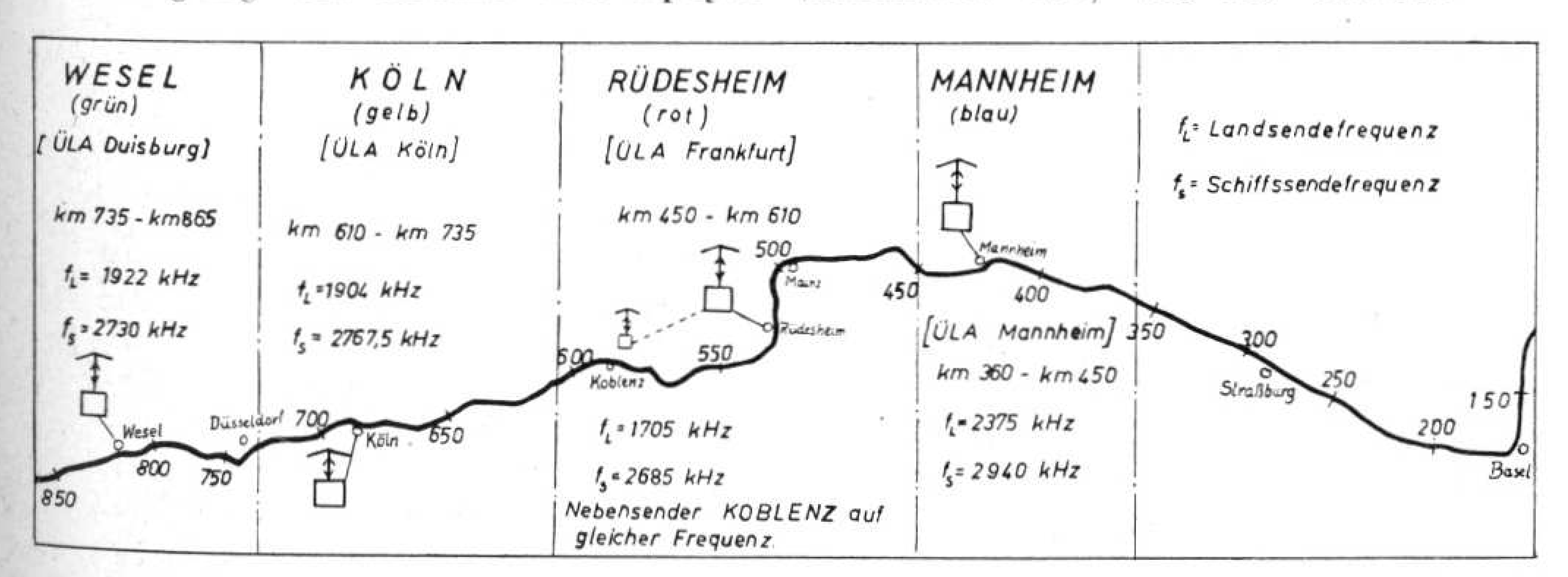


Bild 7. Übersicht über das Rheinfunk-Grenzwellennetz

holländischen Grenze (Rhein-km 865) sicher. Weiterhin ist z. Z. noch die Erschließung des Bereichs zwischen Speyer und etwa Kehl (Rhein-km 330) durch die Errichtung eines Nebensenders zu Mannheim vorgesehen. Ob aber der ganze Bereich bis zur Schweizer Grenze (Rhein-km 170) noch ausgebaut wird, ist bisher nicht zu übersehen, da dieser

Teil nach dem Haager Rheinfunkabkommen durch Frankreich und die Schweiz erschlossen werden sollte.

b) Die technischen Einrichtungen

Die technische Einrichtung einer Landfunkstelle umfaßt die Sende- und Empfangsanlage sowie die Endeinrichtung, die die Aufgabe hat, den Funkweg mit dem Drahtweg zu verbinden. Sie ist meist mit der Empfangsstelle vereinigt. Mit Hilfe der Gabel, die entweder bei der Endeinrichtung selbst oder im nächsten Fernamt untergebracht ist, wird der als Vierdrahtverbindung aufgebaute Funkweg in eine Zweidrahtverbindung umgewandelt.

Die Endeinrichtung enthält die Volumenregler, die Volumenanzeigeinstrumente, g. F. eine Rückkopplungssperre und die erforderlichen Ruf- und Vermittlungseinrichtungen. Es sind 2 Volumenregler mit einem Regelbereich von je 4,5 N vorhanden, einer für die Sende- und einer für die Empfangsrichtung. Dadurch soll sichergestellt werden, daß einerseits der Sender immer auf konstantes Volumen ausgeregelt wird — entsprechend einem Modulationsgrad von 80 % — und daß andererseits für die Empfangsrichtung der günstigste Pegel der Leitung, bezogen auf den Aufstellungsort der Endeinrichtung, eingestellt wird. Weiterhin ist ein Kennungsgeber vorgesehen, mit dessen Hilfe der Träger in den Gesprächspausen mit einer Kennung moduliert werden kann. Als solche sind die Morsezeichen der Anfangsbuchstaben der Stationsorte gewählt. Unmittelbar bei der Endeinrichtung befindet sich der Empfänger, so daß er leicht nachgestimmt werden kann; die Sender können dagegen fernbedient werden, und zwar bezüglich der Schaltung der Heiz- und Anodenspannung. Die entsprechenden Einrichtungen der Rheinfunkstelle Rüdesheim sind in Bild 8 gezeigt. Neben der Endeinrichtung in der Mitte befinden sich rechts und links die Fernschaltgeräte für die Sender und anschließend die Empfänger.

Für die Sende- und Empfangsanlage sind T-Antennen mit möglichst vertikaler Polarisation verwendet worden. Hierdurch wird die Raumstrahlung klein gehalten, und es werden ungewollte Fernreichweiten und Störungen durch ferne Sender vermieden. Um dieselbe Welle mehrfach verwenden zu können, soll nach dem Haager Abkommen 1949 die Leistung der ortsfesten Sender 200 W nicht überschreiten. Im Einsatz befinden sich überwiegend 200 W-Sender (z. B. die Type Telefunken T 800 K 39). Sie sind als vierstufige Sender ausgeführt, mit selbsterregter Steuerstufe und Gittermodulation, voll netzgespeist mit einer Leistungsaufnahme von etwa 3,5 kVA. Sie umfassen einen Frequenzbereich von 1500 kHz bis 7500 kHz. Zur vollen Aussteuerung ist eine NF-Spannung von 1 V eff an 600 Ω erforderlich. Die Strahlungsleistung der Landfunksendeanlagen beträgt bis zu 50 W, das entspricht einem Strahlungswirkungsgrad von rd. 25 %. Die Sender der Rheinfunkstelle Rüdesheim — ein Betriebs- und ein Reservesender — sind aus Bild 9 zu ersehen.

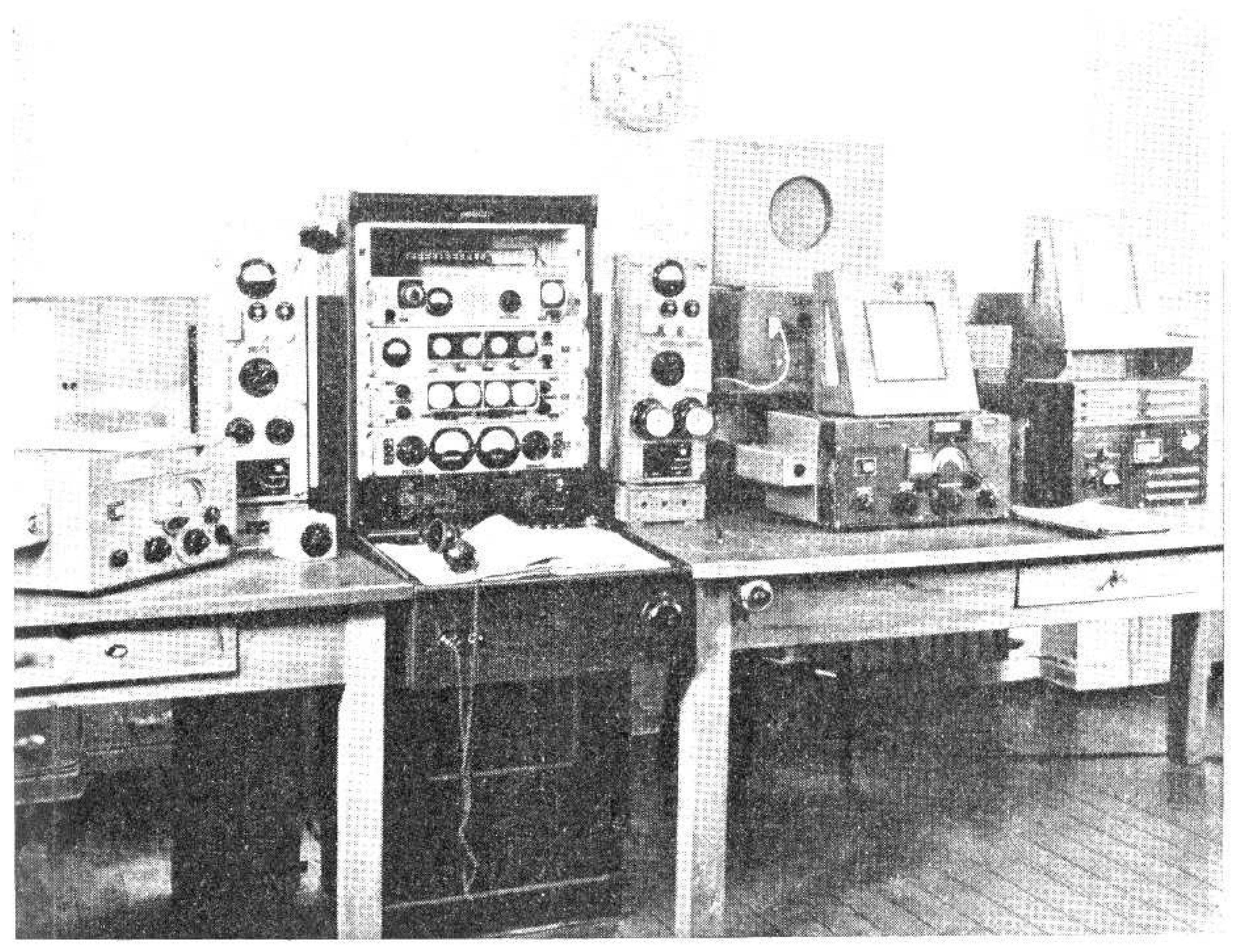


Bild 8. Bedienungsplatz der Rheinfunkstelle Rüdesheim

Als Empfänger sind Überlagerungsempfänger mit hoher Vorselektion eingesetzt, die erforderlich ist, um die Empfänger in unmittelbarer Nähe der Sender mit voller Empfindlichkeit betreiben zu können. Zum Schutz gegen Überspannungen sind am Eingang Glimmlampen vorgesehen. Verwendet werden vor allem die Typen Telefunken E 52 und Philips HMZL 34. Sie sind netzgespeist und haben eine Empfindlichkeit von 5—10 μV für ein Signal zu Geräusch-Verhältnis von 15 db bei einer NF-Bandbreite von 3 kHz.

Die auf den Schiffen verwendeten Geräte sind durchweg Typen des Seefunkdienstes. Sender, Empfänger und Stromversorgung sind meistens in einem gemeinsamen Gestell untergebracht. Die erforderlichen Betriebsspannungen werden einem rotierenden Umformer oder Zerhacker entnommen, die aus einer 12 V-Batterie gespeist werden. Diese Batterie muß bei den meisten Schiffen besonders eingebaut werden.

Als Beispiel sei die Funksprechanlage SE 30 W der Fa. Hagenuk erwähnt: Der Sender ist quarzstabilisiert und enthält 6 Quarze, deren Frequenzen durch einen Umschalter sofort geschaltet werden können. Zwei der sechs Quarze befinden sich auf der Frontplatte, so daß sie leicht auszuwechseln sind. Bei Frequenzumschaltung muß die An-

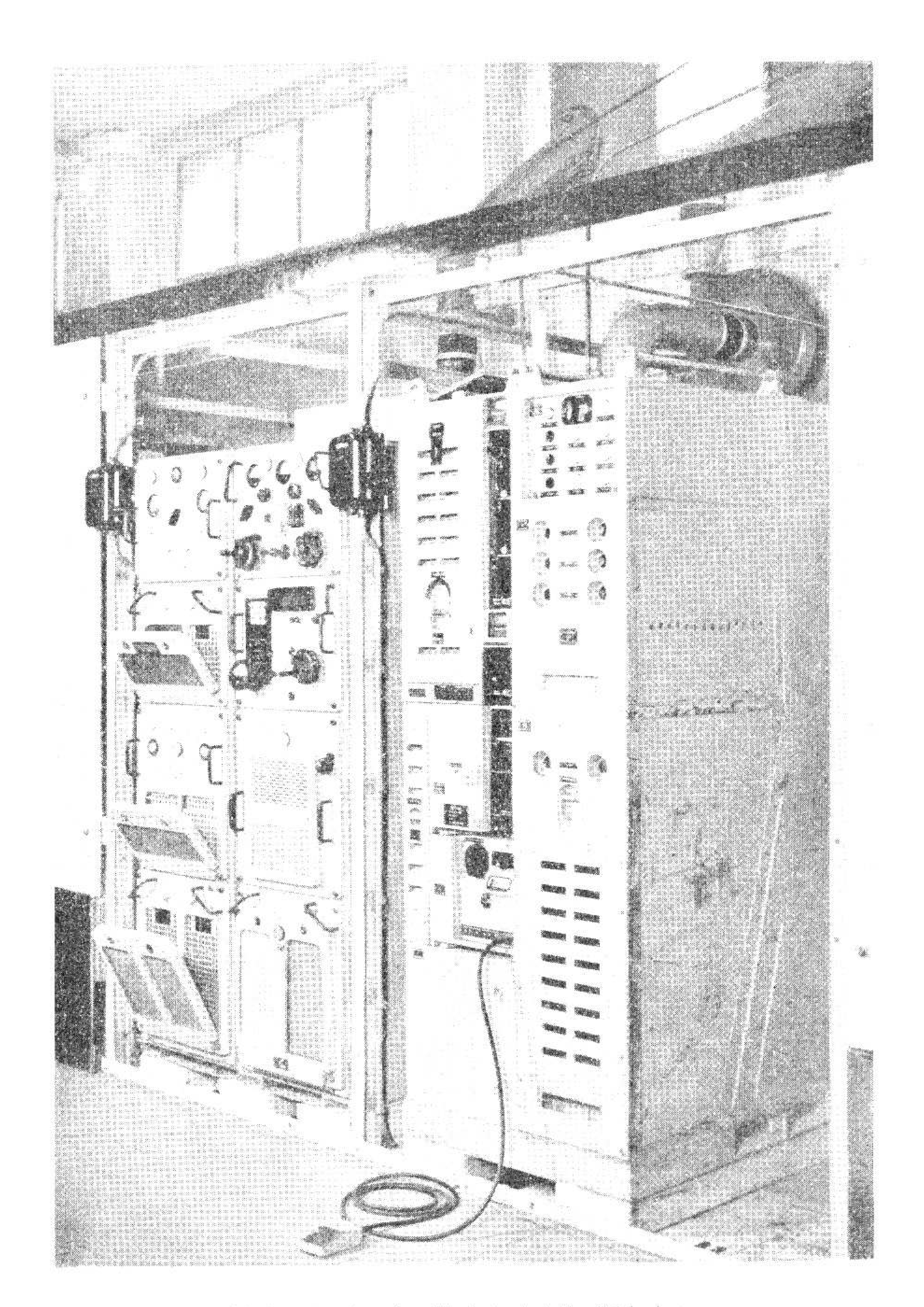


Bild 9. Sender der Rheinfunkstelle Rüdesheim

tennenanpassung nachgestimmt werden; zur Abstimmkontrolle dient ein magisches Auge. Die Modulationsspannung wird nach einer Vorverstärkung dem Bremsgitter zugeführt; die Vorverstärkung ist so bemessen, daß mit einer Mikrophonspannung von ca. 50 mV ein Modulationsgrad von 70 % erzielt wird. Als Sprechgarnitur ist ein Mikrotelephon vorhanden. Der Empfänger ist ein 6-Kreis-Überlagerungsempfänger mit einer Empfindlichkeit von etwa 20—40 μV und einem Durchlaßbereich von 100—3500 Hz.

Die Betriebsweise des vollen Gegensprechens setzt die Möglichkeit voraus, den Sender und Empfänger gleichzeitig betreiben zu können. Es sind daher zwei getrennte Antennen erforderlich, die so angeordnet sein müssen, daß sie gut gegeneinander entkoppelt sind. Da die Antennenstützpunkte auf Flußschiffen infolge der Durchfahrt durch Brücken nicht so hoch sein können wie bei Seeschiffen, ist die wirksame Höhe durchweg klein. Die Strahlungsleistung einer Schiffssendeanlage beträgt etwa 3 W, entsprechend einem Wirkungsgrad von 15—20 %.

Die Fahrzeuggeräte werden z. Z. durch die Deutsche Bundespost gegen eine Gebühr vermietet. Zwei Rheinfunkwerkstätten in Mannheim und Duisburg, den beiden größten Rheinhäfen, übernehmen die Installation der Anlagen und führen auch einen Wartungsdienst durch.

c) Die Betriebsabwicklung

Der Betrieb wurde in der Zeit vom Herbst 1949 bis Frühjahr 1950 zunächst als öffentlicher Rheinfunk-Versuchsbetrieb aufgenommen. Wie aus Bild 7 zu ersehen, ist die gesamte Strecke des Rheins in Verkehrsbereiche unterteilt. Die innerhalb eines solchen Bereiches abzuwickelnden Gespräche werden über ein Überleitungsamt (ÜLA) geleitet, das mit den Schiffen in Funkverbindung steht und mit dem Fernsprechnetz durch Leitungen verbunden ist. Für jeden Verkehrsbereich ist je eine Betriebsfrequenz für die Richtung Land—Schiff und Schiff—Land festgelegt. Während ursprünglich neben der Betriebsfrequenz noch eine für alle Bereiche gemeinsame Anruffrequenz vorgesehen war, ist im Verlauf der weiteren Entwicklung von dem Einsatz derartiger Anrufwellen Abstand genommen worden. Anmeldung und Abwicklung eines Gesprächs erfolgen also innerhalb eines Verkehrsbereiches ohne Frequenzwechsel. Der Betrieb läuft nur während der Tagesstunden, da z. Z. nachts die Schiffahrt auf dem Rhein fast völlig ruht. Die Schiffe können über die Landfunkstellen miteinander nur dann in Verbindung treten, wenn sie sich in verschiedenen Verkehrsbereichen befinden.

Zur Durchführung eines Gespräches von einem Schiff zu einem Fernsprechteilnehmer an Land meldet das Schiff bei der Landfunkstelle des Verkehrsbereiches, in dem es sich befindet, das gewünschte Gespräch an. Handelt es sich hierbei um ein Ortsgespräch, so wird dieses sofort vermittelt. Bei Ferngesprächen, d. s. Gespräche für Teilnehmer, die nur über Fernleitungen zu erreichen sind, bestätigt die

Landfunkstelle die Anmeldung und ruft das Schiff nach Aufbau der Verbindung zu dem Landteilnehmer wieder an. In diesem Fall wird das Gespräch von der Fernamtsbeamtin (ÜLA) überwacht, die auch die Gebühren erfaßt.

Ein Landteilnehmer meldet ein Rheinfunkgespräch bei seinem zuständigen Fernamt mit dem Stichwort „Rheinfunk" an, unter Angabe des vermutlichen Standortes des Schiffes. Die Schiffsfunkstellen stehen normalerweise auf Empfang; bei Vorliegen eines Anrufes wird das betreffende Schiff mit seinem Namen gerufen. Kommt das Schiff in einen anderen Verkehrsbereich, so müssen Sender und Empfänger auf dessen Frequenzen umgestellt werden. Zur Erleichterung der Abstimmung dient das von den Landfunkstellen ausgestrahlte Pausenzeichen.

Neben Gesprächen sind innerhalb eines Landes auch Telegramme zugelassen; sie werden zwischen Schiffs- und Landfunkstellen über Funk zugesprochen.

Für die Gebühr ist als vorläufige Regelung eine Grund- und eine Gesprächsgebühr festgesetzt worden. Handelt es sich um hafengebundene Schiffe, so beträgt die Grundgebühr 40.— DM, bei Fernfahrern dagegen 60.— DM. Hierzu kommen dann noch die entsprechenden Landgebühren für Orts- bzw. Ferngespräche.

Ein Schiff, das am Rheinfunkdienst teilnehmen will, muß die Einrichtung der Funkanlage bei der Deutschen Bundespost beantragen. Die Anlagen werden von der Deutschen Bundespost abgenommen und genehmigt. Das Bedienungspersonal erhält nach Erfüllung gewisser Bedingungen ein für diesen Dienst festgelegtes Funkzeugnis.

Die Verkehrsentwicklung

Zur Zeit sind etwa 40 Rhein-Schiffe mit Funkanlagen ausgerüstet. Die Verkehrsentwicklung, unterteilt nach Orts- und Ferngesprächen, geht aus der kurvenmäßigen Darstellung in Bild 10 hervor.

d) Die weitere Entwicklung

Im Frühjahr 1950 fand in Den Haag eine 2. Rheinfunkkonferenz statt [24]. Hier wurde festgestellt, daß seitens der Schiffahrtskreise ein Interesse daran vorhanden sei, auch während der Dunkelheit und des Nachts fernsprechen zu können. Es wurde daher beschlossen, an Stelle des bisher verwendeten Grenzwellenbereiches für den Endausbau des Rheinfunkdienstes auf den Ultrakurzwellenbereich überzugehen. Da jedoch die Einrichtung eines UKW-Netzes längs des Rheins voraussichtlich noch sehr lange dauert, wird das in Deutschland errichtete Grenzwellennetz noch weiterhin betrieben. Von der holländischen und der schweizerischen Postverwaltung wurde zunächst eine Beteiligung an dem Grenzwellendienst vorgesehen.

Bevor nun aber ein bestimmter UKW-Bereich für den Rheinfunkdienst festgelegt wird, sollen von den Verwaltungen Versuche über die Eignung der Frequenzen in den Bereichen von 31,7 bis 41 MHz, 70 bis 87,5 MHz und 156 bis 174 MHz durchgeführt werden. Auch die Frage,

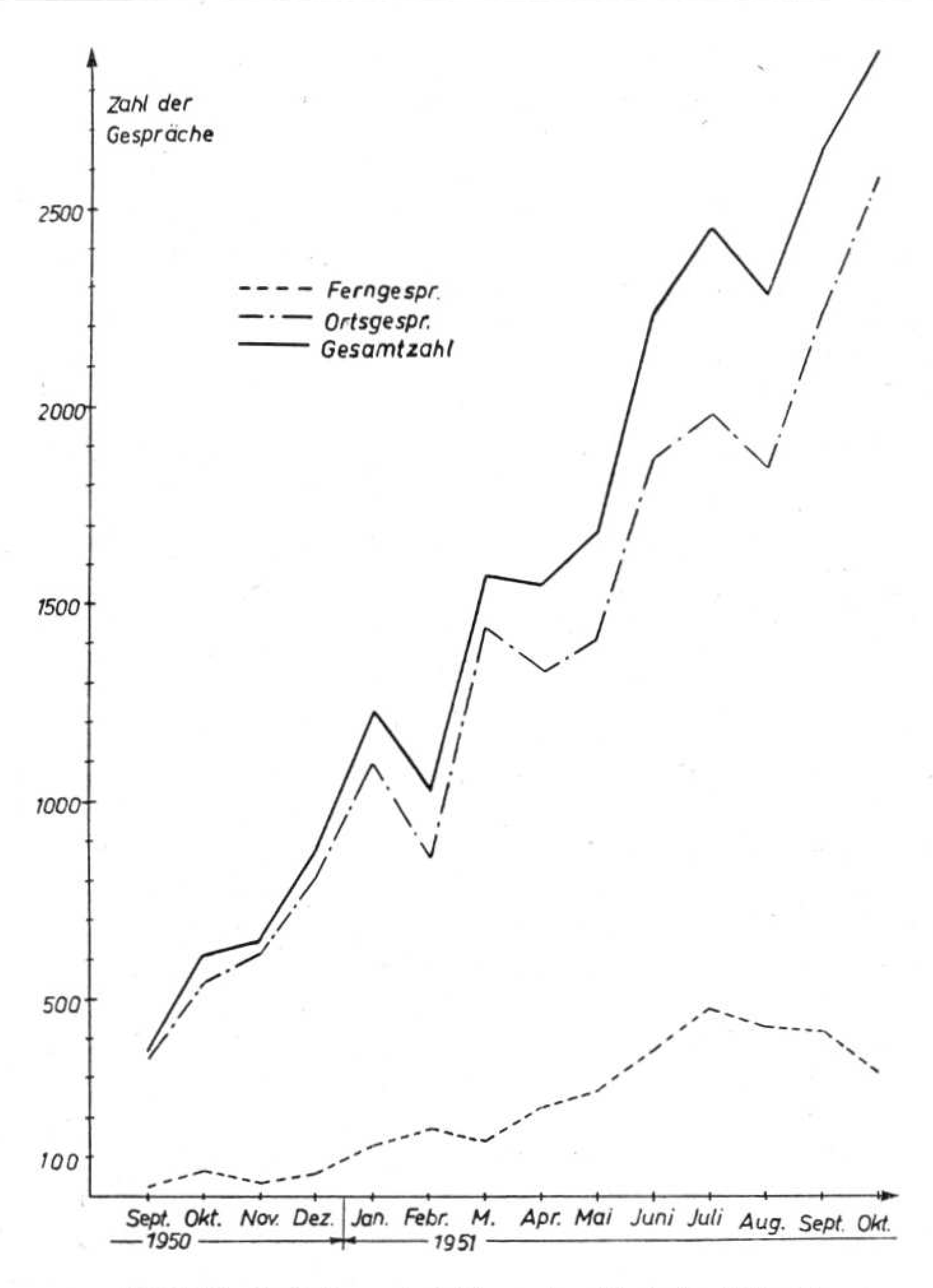


Bild 10. Verkehrsentwicklung im Rheinfunkdienst

ob Frequenz(FM)- oder Amplituden(AM)-Modulation verwendet werden soll, wurde noch nicht entschieden. Sie soll ebenfalls durch die Verwaltungen untersucht werden.

Derartige Versuche mit UKW-Anlagen verschiedener Frequenzbereiche wurden nun seitens der Deutschen Bundespost ab Herbst 1950 bis Frühjahr 1951 durchgeführt. Sie erstreckten sich auf die Untersuchung der Ausbreitungsverhältnisse und auf Betriebsversuche innerhalb der Gebirgsstrecke zwischen Rüdesheim und Koblenz sowie im Mannheimer Hafengebiet. Es zeigte sich, daß innerhalb der Gebiete, in denen Reflektoren vorhanden sind, wie z. B. im Hafen oder in der Gebirgsstrecke, der 7-m-, 4-m- wie auch der 2-m-Bereich annähernd gleich gut geeignet sind. Bei kleineren Feldstärkewerten machten sich

jedoch, im Gegensatz zum Verkehr mit fahrenden Kraftwagen, auf Grund der wesentlich kleineren Schiffsgeschwindigkeiten Interferenzen störend bemerkbar, die je nach der Schiffsgeschwindigkeit mit einer Häufigkeit von 3 bis 4 pro sec in Form von Zischgeräuschen in Erscheinung traten. Die Versuche zu ihrer Beseitigung durch erhöhten Aufwand auf der Landseite — Mehrfachempfangs- und -sendeanlagen [25], Verwendung besonderer Antennenformen — sind noch nicht abgeschlossen.

Neben Feldstärkeregistrierungen wurden auch Betriebsversuche, insbesondere im 2 m-Bereich, durchgeführt. Sie zeigten, daß bei Wahl der Fleckertshöhe bei Boppard (531 m über NN) als Aufstellungsort der Landfunkstelle eine Strecke von etwa 70 km gut versorgt werden konnte. Dieser Bereich ist allerdings durch einige kurze Strecken unterbrochen, in denen die Versorgung unzureichend war. Als Signal zu Geräusch-Verhältnis war ein Wert von 26 db zugrundegelegt, der so groß ist, daß eine ausreichende Verständigung bei Weiterschaltung der Gespräche in das öffentliche Fernsprechnetz sichergestellt ist. Diese Ergebnisse, die einer Mindestfeldstärke von etwa 5 μV/m entsprechen, wurden mit ungerichteten Antennen erzielt, jedoch war der Aufstellungsort sehr günstig. Legt man sie als Durchschnittswerte für die Reichweite einer ortsfesten Station zugrunde, so würden zur Versorgung der etwa 700 km langen Rheinstrecke innerhalb Deutschlands etwa 9—10 Stationen zu errichten sein.

Die vorliegenden Ergebnisse wurden mit der Modulationsart FM erzielt. Auf der gleichen Strecke wurden Versuche mit AM gemacht. Unter Zugrundelegung desselben Geräuschabstandes von 26 db ergab sich für AM ein Versorgungsbereich von rund 50 km, das sind etwa 70 % des FM-Bereiches. Weiterhin zeigte sich, daß die Störanfälligkeit bei Einsatz der Modulationsart FM kleiner war als bei AM, was sich namentlich bei Störungen durch Industrieanlagen und Hochspannungsleitungen bemerkbar machte. Die Modulationsart FM ergab also gegenüber der Modulationsart AM eine größere Reichweite und eine erhöhte Störsicherheit. Sie ist daher d. E. zu bevorzugen, auch unter Berücksichtigung der höheren Anforderungen, die g.F. für die FM-Geräte an einen Wartungsdienst gestellt werden. Die endgültige Entscheidung darüber, welcher UKW-Bereich und welche Modulationsart für den Rheinfunkdienst in Zukunft zu wählen sind, müßte noch auf internationaler Ebene getroffen werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der Einsatz des Grenzwellenbereiches für den Rheinfunkdienst in verhältnismäßig kurzer Zeit zu einer wirtschaftlich günstigen Lösung geführt hat, sowohl im Hinblick auf die ortsfesten wie auch auf die beweglichen Anlagen. Er bietet den Vorteil einer geringen Zahl von Verkehrsbereichen und gibt auch kleineren Seeschiffen bei Befahren des Rheins die Möglichkeit der Verwendung ihrer bereits für den Seefunkdienst vorhandenen Funkanlage. Seine Nachteile liegen darin, daß infolge der günstigen Ausbreitungsverhältnisse während der Dunkelheit Störungen durch

ferne Sender auftreten können, und daß infolge der außerordentlichen Frequenzknappheit in diesem Band ein weiterer Ausbau des Dienstes schwierig ist.

Dagegen gibt der UKW-Bereich leichtere Erweiterungsmöglichkeit des Netzes, da mehr Frequenzen zur Verfügung stehen und die Ultrakurzwelle die Anwendung des FM-Verfahrens mit seiner größeren Störfreiheit gestattet. Weiterhin kann infolge der guten Bündelungsfähigkeit der Ultrakurzwellen die Strahlung in der Richtung des Flußlaufes konzentriert werden. Nachteile liegen in der Forderung, die ausbreitungsmäßig günstigsten Aufstellungsorte für die Landfunkstellen zu wählen, und in der größeren Zahl der Verkehrsbereiche.

Es erscheint daher zweckmäßig, bei einer erforderlichen Erweiterung des Netzes zunächst den Verkehr der Hafenfahrzeuge über örtliche UKW-Hafennetze abzuwickeln. Im Zuge des weiteren Ausbaues dieser zunächst örtlichen Verkehrskreise könnte dann nach Vorliegen endgültiger internationaler Absprachen ein UKW-Netz errichtet werden, das auf weite Sicht das Grenzwellennetz ablösen kann.

C. Fernsprechen mit Hafen- und Küstenschiffen

1. Allgemeines über die Verkehrsbeziehungen im Hafen- und Küstenfunkdienst

Man kann den Hafenfunkdienst nach einem zwischenstaatlichen und einem innerstaatlichen Verkehrskreis unterteilen. Bei beiden liegen Verkehrsbedürfnisse vor, die einmal aus den navigatorischen Forderungen des Schiffsbetriebes heraus entstehen und andererseits auf den normalen kommerziellen Verkehr in das öffentliche Netz ausgerichtet sind.

Der Hafenfunkdienst kann also einerseits als Ergänzung des Seefunkdienstes angesehen werden, da er den Hochseeschiffen eine Sprechmöglichkeit innerhalb der Häfen geben soll. Zum anderen stellt er einen selbständigen Dienstzweig dar, der kleineren hafengebundenen Fahrzeugen oder Küstenschiffen die Abwicklung von kommerziellem Verkehr über das öffentliche Fernsprechnetz ermöglicht und dadurch deren Wirtschaftlichkeit erhöht. Da nun im Seefunkdienst der Grenzwellen-Bereich bereits zur Abwicklung des Verkehrs kleinerer Seeschiffe dient und den Seeschiffen die Benutzung ihrer Funkanlage in den Häfen untersagt ist, entfällt die Verwendung dieses Frequenzbereiches für die Einrichtung eines Hafenfunkdienstes. Daher wurde für diesen Dienst der in Atlantic City 1947 für den beweglichen Funkdienst vorgesehene UKW-Bereich von 156 bis 174 MHz gewählt. In diesem Bereich soll als allgemeine Anruf- und Sicherheitsfrequenz im internationalen Seefunkdienst die Frequenz 156,8 MHz verwendet werden. Vorgesehen ist Simplex-Betrieb, der den auf dieser Frequenz arbeitenden Funkstellen das Mithören des gesamten Verkehrs ermöglicht, was für Sicherheitszwecke von außerordentlicher Bedeutung ist. Für die Region 2, d. h. im wesentlichen die USA, ist weiterhin die Verwen-

dung von Frequenzmodulation vorgesehen. Diese wird auch in Europa von Belgien, Frankreich, der Schweiz und Deutschland verwendet, in Dänemark, England, Norwegen, Schweden dagegen ist Amplitudenmodulation eingeführt worden. Es ist daher fraglich, ob die Modulationsart bei dem bereits in verschiedenen Ländern erzielten Ausbauzustand örtlicher Netze international noch vereinheitlicht werden kann. So ist auch bereits auf der Außerordentlichen Funkverwaltungskonferenz in Genf 1951 erwogen worden, die Geräte so auszuführen, daß die Empfänger für beide Modulationsarten, FM und AM, eingesetzt werden können. Für einen internationalen Simplex-Betrieb müßten aber vor allem noch die Antennenpolarisation und die Arbeitsfrequenzen festgelegt werden. Für die Region 2 sind auch bereits auf der Konferenz in Washington 1949 als weitere die Frequenzen 156,3 MHz und 156,6 MHz festgelegt worden. Auf diesen soll, nach Herstellung der Verbindung mittels der Anruffrequenz, der eigentliche Verkehr abgewickelt werden. Der Simplex-Betrieb würde dann ausreichend sein für viele Zwecke des Schiffsbetriebes, z. B. für den Verkehr der Schiffe mit den Hafenbehörden, mit Schleppern, Bergungsdampfern usw., da es sich hierbei meist um Verkehr zwischen solchen Funkstellen handelt, die mit geschultem Personal besetzt sind — eine notwendige Voraussetzung für die flüssige Abwicklung des Wechselsprechens. Die Durchschaltung in ein Fernsprechnetz würde dabei entfallen, der Verkehr würde als Endverkehr von Funkstelle zu Funkstelle abgewickelt. Dadurch wäre der Schiffsführung der Überseedampfer die Möglichkeit gegeben, ihren vor dem Anlegen und nach dem Auslaufen erhöhten Sprechbedarf abwickeln zu können. Die gleichen Verhältnisse gelten für die entsprechenden innerdeutschen nichtöffentlichen Dienste, für deren Abwicklung daher der Simplex-Betrieb ebenfalls von Bedeutung werden kann.

Soll dagegen der Verkehr in das öffentliche Fernsprechnetz abgewickelt und über eine Vermittlung weitergeschaltet werden, so ist Gegensprech- bzw. Duplex-Betrieb erforderlich.

Ein solcher Duplex-Betrieb auf internationaler Ebene setzt neben der Vereinheitlichung der Modulationsart und der Antennenpolarisation noch die Festlegung bestimmter Frequenzpaare voraus und — bei Verwendung mehrerer Sprechkanäle — auch noch der Kanalabstände (s. auch unter II, A). Über diese Verbindungen würde dann derjenige Verkehrsanteil abfließen, der in das öffentliche Fernsprechnetz weitergeschaltet werden soll, insbesondere also auch der Passagierverkehr der Überseedampfer vor dem Anlegen und nach dem Auslaufen.

Da aber eine internationale Festlegung der meisten Bestimmungsgrößen noch aussteht, finden wir in fast allen Ländern eine abwartende Haltung bezüglich der Einrichtung derartiger Dienste.

Demgegenüber jedoch sind in verschiedenen Ländern örtliche Verkehrskreise entstanden, über die der bereits erwähnte Verkehr hafengebundener kleinerer Fahrzeuge abgewickelt wird. Derartige Netze sind in den USA, Frankreich, Belgien und England eingerichtet worden; in

England darüber hinaus noch ein Fernsprechdienst längs des Unterlaufs der Themse [26]. In Deutschland ist ein öffentliches Hafenfunknetz z. Z. im Aufbau begriffen; so sind bereits in den Häfen von Hamburg und Bremen Funkanlagen errichtet worden, der Kieler Hafen wird folgen. Diese Hafennetze sollen so ergänzt und erweitert werden, daß ein geschlossenes Funknetz längs der deutschen Küste und der Wasserstraßen geschaffen wird. Durch dieses Netz soll dann gleichzeitig eine Entlastung der Grenzwelle erzielt werden, die infolge der starken Zunahme der Seefunkstellen im Grenzwellen-Bereich bereits stark überlastet ist. Daneben würde die Verwendung der Ultrakurzwelle einen besseren Dienst im Nahverkehr gewährleisten. Im Gegensatz zum Sprechfunkdienst mit Kraftfahrzeugen kann für Schiffe, die sich sowohl am nichtöffentlichen als auch am öffentlichen Dienst beteiligen wollen, der Fall eintreten, daß sie sowohl Simplex- als auch Duplex-Betrieb nebeneinander verwenden müssen. Es sind dann entweder 2 getrennte Fahrzeuganlagen einzusetzen oder eine für beide Betriebsarten ausgelegte kombinierte Anlage.

2. Der öffentliche Hafen- und Küstenfunkdienst

a) Die Netzgestaltung

Für die Errichtung eines UKW-Netzes ist es von großer Bedeutung, mit möglichst wenig Frequenzen ein möglichst großes Gebiet zu versorgen, um den Betrieb zu vereinfachen und damit die Fahrzeuggeräte zu verbilligen. Diese Möglichkeit ist dadurch gegeben, daß infolge der normalerweise beschränkten Reichweite der Ultrakurzwellen dieselbe Frequenz an einem anderen Ort wieder verwendet werden kann. Von Störungen durch Überreichweiten sei in diesem Zusammenhang abgesehen; sie treten im allgemeinen nur über sehr große Entfernungen auf, und zwar um so seltener, je kürzer die Wellenlänge ist. Wie sich diese Frage bei dem weiteren Ausbau der UKW-Dienste für den Verkehr mit Kraftwagen, den Polizeidienst, den Rundfunkdienst, das Fernsehen, die Flugsicherung usw. auswirken wird, läßt sich noch nicht übersehen. Die Höhe des Aufstellungsortes der Sendeantennen, die Bündelung der Strahlungsenergie durch den Einsatz von Richtstrahlern und die Leistung des Senders sind so zu bemessen, daß in dem zu versorgenden Gebiet eine gute Verbindung sichergestellt ist. Jede weitere Erhöhung der Feldstärke des Versorgungsbereiches ist zu vermeiden; sie könnte in den Gebieten, in denen dieselbe Frequenz wieder verwendet werden soll, Störungen hervorrufen bzw. vergrößern.

Bei Versuchen, die im Laufe des Jahres 1951 im Hamburger und Bremer Hafen durchgeführt wurden, ergaben sich Reichweiten bis zu etwa 50 km. Die Senderleistung der ortsfesten Anlage betrug hierbei rd. 50 W, die Höhe der ungerichteten Sendeantenne über dem Erdboden etwa 50 m. Von Bedeutung ist auch die Höhe der Schiffsantenne. So ergab sich bei Einsatz einer Barkasse mit einer Antennenhöhe von etwa 4 m über dem Wasserspiegel eine gute Verbindung bis zu einer

Entfernung von rd. 12 km, das entspricht etwa der Hafenausdehnung. Bei größeren Schiffen mit Antennenhöhen von rd. 8 bzw. 20 m über dem Wasserspiegel betrugen die entsprechenden Entfernungen rd. 30 bzw. 45 km. Da meist die Reichweite der schwächeren Schiffsstationen kleiner sein wird als die der Landstation, müssen g. F. zur Vergrößerung des Versorgungsbereiches ein oder mehrere ortsfeste Empfänger an geeigneten Punkten zusätzlich aufgestellt werden. Unter Zugrundelegung der vorstehenden Ergebnisse und Überlegungen ist der in Bild 11 wiedergegebene Netzplan aufgestellt worden. Wie man sieht, wurde für

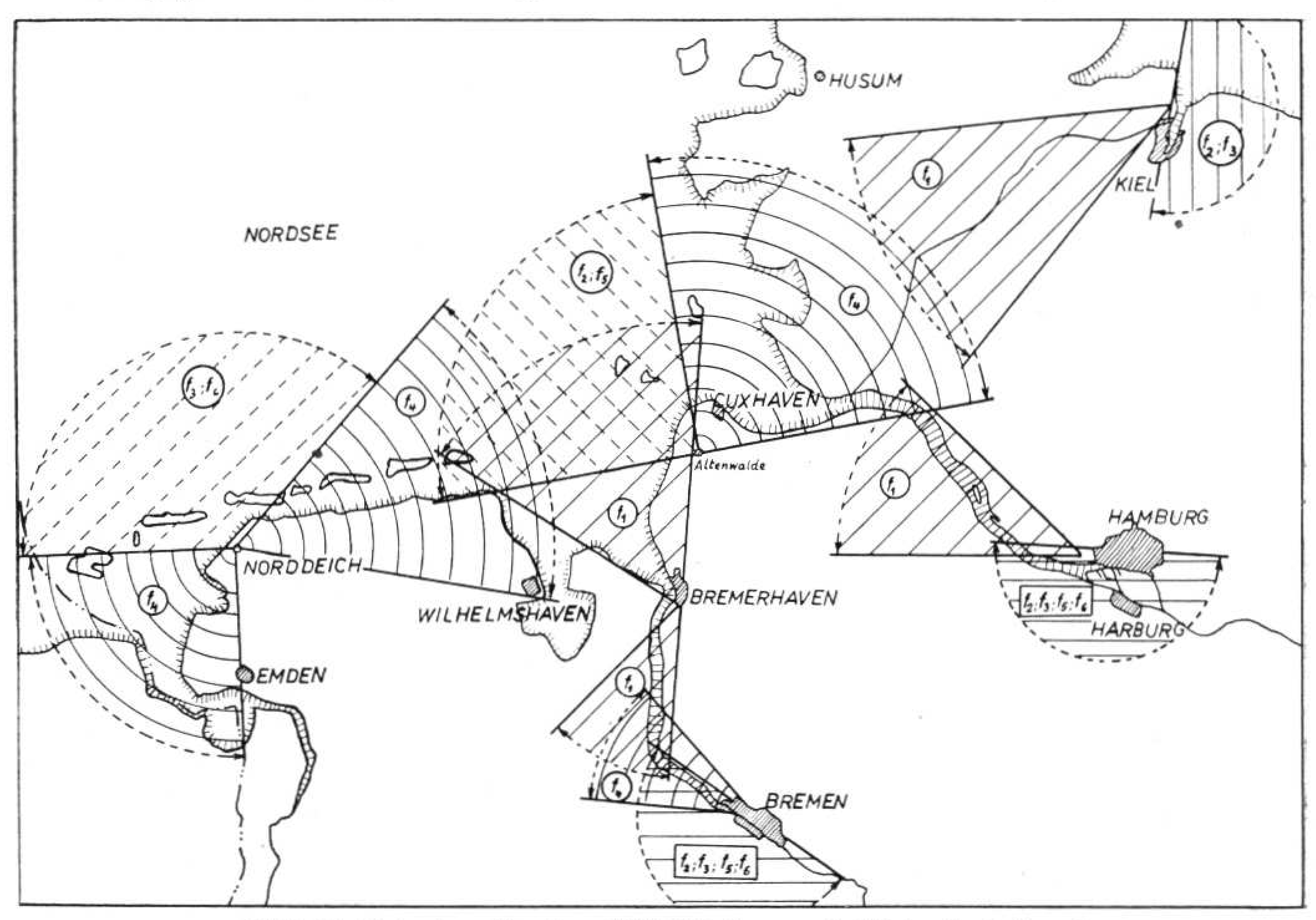


Bild 11. Netzplan für den UKW-Hafen- und Küstenfunkdienst

die Häfen eine größere Kanalzahl vorgesehen, da hier der Hauptverkehr anfällt. Fahrzeuge, die nur innerhalb des Hafens sprechen wollen, benötigen ein Gerät mit nur einem Kanal, während Fahrzeuge, die im gesamten Küstenbereich einschließlich der Häfen eine Sprechverbindung haben wollen, bereits mit einem Zwei-Kanalgerät auskommen können, da dieselben Frequenzen mehrfach verwendet werden.

b) Die technischen Einrichtungen

Die ortsfeste Funkstelle umfaßt die Antennenanlage, Sender, Empfänger und die Endeinrichtung zur Überleitung der Gespräche vom oder ins Landnetz. Hinzu kommen z. F. der Selektivrufzusatz und die Fernsteuereinrichtungen bei abgesetzten Funkanlagen. Sofern der Sender

und Empfänger an demselben Ort aufgestellt sind, kann für beide eine gemeinsame Antenne verwendet werden, wobei Sender und Empfänger gegeneinander durch Sperrfilter verriegelt sind. Sie sind möglichst nahe bei der Antenne aufzustellen, damit die Verluste in dem Speisekabel nicht zu groß werden. Die Antenne selbst ist so breitbandig, daß für den Sender und Empfänger ein guter Wirkungsgrad erzielt wird. Diese Ausführungsform hat sich in Hamburg bisher bewährt, jedoch ist z. Z. nur ein Kanal in Betrieb. Es ist daher möglich, daß bei dem Einsatz weiterer Kanäle eine räumliche Trennung von Sende- und Empfangsanlage erforderlich wird, um Störungen der Empfänger durch die Sender zu vermeiden.

Eine solche Anlage ist bereits in Bild 4 gezeigt. Auch technische Daten und Bedingungen für Sender und Empfänger sind unter II, C 2 e schon im einzelnen angeführt worden.

Der Empfänger enthält eine Einrichtung zur Geräuschunterdrükkung mit einstellbarem Ansprechwert, die ab- und fernschaltbar ist und deren Wirksamkeit vom Eigenrauschen des Empfängers hergeleitet wird. Sind mehrere räumlich getrennte Empfangsanlagen für einen Kanal im Einsatz, um die geringere Reichweite des Fahrzeugsenders auszugleichen, so werden sie auf dieselbe Endeinrichtung geschaltet. Durch Anzeigeinstrumente oder sonstige Überwachungseinrichtungen kann dann ermittelt werden, welche Empfangsanlage für den jeweiligen Standort des Schiffes die günstigste ist.

Für den weiteren Ausbau des Netzes ist je Kanal die Errichtung einer vollständigen Anlage, wie vorstehend beschrieben, erforderlich. Bei der Anbringung weiterer Antennen sind dann auf Grund von Versuchen, die in den USA durchgeführt worden sind, bestimmte Vorsichtsmaßregeln zu ergreifen [27]. Auf Grund dieser Versuche hat es sich z. B. als zweckmäßig erwiesen, alle Sendeantennen an demselben Ort zu errichten, um die Kreuzmodulation auf den Fahrzeuganlagen klein zu halten. Es ist dann aber darauf zu achten, daß die auf die Endstufe eines Senders von den Nachbarsendern gelangenden Störspannungen soweit unterdrückt werden, daß keine Kreuzmodulation über die Endröhre eintritt. Störungen der ortsfesten Empfänger durch Kombinationstonbildungen sind dadurch klein zu halten, daß Streustrahlungen von Oszillatoren, Nebenwellen usw. bereits innerhalb der Sender weitgehend unterdrückt werden. Die gegenseitige Beeinflussung würde entfallen, wenn man — wie bei den Punkt zu Punkt-Verbindungen — ein Mehrkanalsystem verwenden könnte, wobei ein Träger mit mehreren, entsprechend verlagerten Sprechkanälen gleichzeitig moduliert wird [27]. Diese Lösung ist auf der Fahrzeugseite mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand z. Z jedoch noch nicht durchführbar.

Bezüglich der Endeinrichtung gilt das bereits im Abschnitt B, 2 b Gesagte.

Bei Einsatz eines Selektivrufsystems muß die ortsfeste Anlage noch durch die erforderlichen Einrichtungen, wie Selektivrufbedienungszusatz und -geber, ergänzt werden.

Der Geber muß bei dem zur Erprobung in Hamburg vorgesehenen Telefunken-System jeweils 2 der Rufnummer entsprechende Tonfrequenzen gleichzeitig aussenden. Technisch ist diese Aufgabe durch die Verwendung von Schrittschaltwerken gelöst, die von einer Wählscheibe gesteuert werden.

Bei den Fahrzeuganlagen sind nach Möglichkeit Sender und Empfänger an eine gemeinsame Antenne zu schalten. Diese Lösung ist unter Verwendung von Filtern mit Erfolg in Hamburg durch die Firma Telefunken angewendet worden. Sie ist besonders bei kleineren Fahrzeugen von großem Vorteil, da bei Einsatz getrennter Antennen für Sender und Empfänger eine ausreichende Entkopplung derselben gegeneinander schwierig ist (s. auch unter II, B). Ist neben der Beteiligung am öffentlichen Dienst auch der Verkehr der Fahrzeuge untereinander vorgesehen, so muß die Fahrzeuganlage auch für Simplex-Betrieb einsatzfähig sein. Für die Überwachung des einwandfreien Arbeitens der Empfangsanlage ist eine Prüfmöglichkeit vorzusehen, die neben der Kontrolle der Betriebswerte, wie Batteriespannung usw., den Begrenzerstrom als Maß für die Empfängereingangsspannung und den Arbeitspunkt der Trägerschwingung des jeweils empfangenen Senders auf der Diskriminatorkennlinie anzeigt.

Die Oszillatoren des Senders und Empfängers sind quarzstabilisiert, je Kanal ist also ein Quarz-Paar erforderlich. Die Empfänger können zusätzlich mit einer selbsttätigen Scharfabstimmung ausgerüstet werden, deren Nachstellbereich jedoch so begrenzt sein muß, daß ein Überspringen auf einen Nachbarkanal vermieden wird. Eine solche Lösung ist durch die Firma Telefunken gewählt worden; sie hat sich bisher in Hamburg gut bewährt. Da es ohne besonderen Aufwand kaum möglich ist, den Durchlaßbereich der HF-Stufe kleiner als etwa ½ MHz zu machen, und die Vorkreise somit breitbandig sind, ist es ausreichend, bei Frequenzwechsel lediglich die Oszillatoren umzuschalten. Eine Mehrkanal-Anlage kann daher auch ohne Schwierigkeiten bis zu etwa 5 Kanäle mit je 100 kHz Abstand umfassen. Infolge der Breitbandigkeit der HF-Stufe ist aber die Gefahr einer Kreuzmodulation beim Empfänger gegeben, wenn starke Sender auf benachbarten Kanälen einfallen. Zur Vermeidung einer Übersteuerung der Vorröhren muß die Vorverstärkung daher so klein gehalten werden, wie es im Hinblick auf ausreichende Empfindlichkeit vertretbar ist. Gegebenenfalls muß sichergestellt sein, daß bei mehreren Betriebskanälen sämtliche Sender eingeschaltet sind, auch wenn sie nicht alle besprochen werden [27].

Technische Daten über Fahrzeuggeräte sind bereits im Abschnitt II, C 2 e angegeben.

Zwecks Beteiligung an einem Selektivrufsystem muß die Anlage durch einen Selektivrufempfänger ergänzt werden, der bei dem Telefunkensystem zwei Resonanzkreise enthält. Bei Eintreffen der entsprechenden tonfrequenten Schwingungen werden Relais betätigt, durch die alle notwendigen Schaltvorgänge, wie Weckerbetätigung, Entriegelung des Senders usw., ausgelöst werden. Das Aussenden von Freizeichen

durch die ortsfeste Anlage wird durch ein optisches Signal (grün) gekennzeichnet, ein vorliegender Anruf durch einen Summerton und ebenfalls durch ein optisches Signal (rot). Über eine Vereinheitlichung der optischen Kennzeichen ist noch nicht endgültig entschieden worden.

Im Gegensatz zu den Verhältnissen beim Rheinfunkdienst ist die Beschaffung und Installation der Fahrzeuggeräte der privaten Initiative der Teilnehmer vorbehalten. Es ist lediglich sicherzustellen, daß es sich um Gerätetypen handelt, die von der Deutschen Bundespost für diesen Dienst zugelassen worden sind.

c) Die Betriebsabwicklung

Der Verkehr wird als voller Gegensprechverkehr — Duplex-Betrieb — abgewickelt. Für jede Verbindung ist also ein Frequenzpaar erforderlich (Frequenzverteilung siehe Bild 11). Der Abstand der beiden Einzelfrequenzen eines zusammengehörigen Paares beträgt 4,5 MHz — wobei die jeweils höhere Frequenz der ortsfesten Anlage zugeteilt ist —, der Abstand benachbarter Kanäle gegeneinander z. Z. 100 kHz. Die Modulationsart ist F 3, der Frequenzhub beträgt 15 kHz. Die Verwendung einer Anrufwelle ist nicht vorgesehen; Anmeldung und Abwicklung eines Gespräches werden also auf derselben Frequenz, für Ortsgespräche möglichst im Sofortverkehr, durchgeführt.

Während für die Hafenfunknetze die Einführung eines Selektivrufsystems vorgesehen ist, soll im Streckendienst hiervon vorerst Abstand genommen werden. Diese Schiffe müssen also ständig hörbereit sein, damit die Landfunkstelle Verbindung mit ihnen aufnehmen kann; hierzu ist die Verwendung eines Lautsprechers vorgesehen. Im Hafenfunkbetrieb in Hamburg soll zunächst ein Selektivrufsystem mit einer Teilnehmerzahl bis zu 45 erprobt werden. Ob diese Zahl das über einen Kanal abzuwickelnde Optimum darstellt, kann erst aus der Verkehrsverteilung an Hand des praktischen Betriebs ermittelt werden. Bei Einsatz mehrerer Kanäle wäre ein System vorteilhaft, das selbsttätig einen freien Kanal auswählt. Dies ist jedoch einer weiteren Entwicklung vorbehalten.

Nachstehend sei nun eine kurze Beschreibung des für den Einsatz im Hamburger Hafen vorgesehenen Telefunkensystems gegeben:

Es ist für die Auswahl eines beweglichen Teilnehmers aus einer Höchstzahl von 45 Teilnehmern geeignet. Hierzu werden insgesamt 11 Tonfrequenzen benötigt, die im Bereich von 300 bis 3000 Hz liegen und von denen zum Rufen jeweils 2 Frequenzen gleichzeitig ausgesendet werden. Das System ist so aufgebaut, daß jeder Teilnehmer eine zweistellige Rufnummer erhält. Neben den 10 für das Rufsystem benötigten Frequenzen ist eine weitere erforderlich für den Freizeichenton und das Verriegelungssystem. Wie auch bereits in Abschnitt II C 2 g ausgeführt, hat nämlich ein Selektivrufsystem neben dem Rufen eines bestimmten Teilnehmers die gleichzeitige Sperrung der nichtsprechenden Teilnehmer sicherzustellen. Diese Sperrung geschieht hier durch

das Fortfallen eines Dauersignals, d. h. es wird das Ruhestromprinzip angewendet. Solange also der ortsfeste Sender seinen mit dem Freizeichenton modulierten Träger ausstrahlt, kann jedes Fahrzeug seinen Sender in Betrieb nehmen. Sendet es dann seinen Rufton aus, so wird die vom ortsfesten Sender ausgestrahlte Freizeichenmodulation automatisch vom Sender weggenommen, wodurch alle anderen Fahrzeuge gesperrt werden. Sie wird ebenfalls weggenommen, sobald von der ortsfesten Seite her ein bestimmtes Fahrzeug über das Selektivrufsystem gerufen wird.

Die Verkehrsentwicklung

Um ein dringendes Verkehrsbedürfnis befriedigen, die vorhandenen Geräte und Anlagen erproben und weiter entwickeln zu können und um Unterlagen über die Verkehrsverteilung und Erfahrungen über die Betriebsabwicklung zu sammeln, wurde bereits am 1. November 51 ein öffentlicher Erprobungsbetrieb für den Bereich des Hamburger Hafens eingerichtet. Der Verkehrsanfall betrug für den Monat November bei nur wenigen Teilnehmern bereits 435 Ortsgespräche; sofern weitere Fahrzeuggeräte geliefert werden können, ist mit einer starken Verkehrszunahme zu rechnen.

3. Der Ausbau des Hafen- und Küstenfunkdienstes

Die vorstehend beschriebenen Verhältnisse gelten für die Errichtung der öffentlichen Hafenfunk-Netze durch die Deutsche Bundespost. Da durch die Einführung des Hafenfunkdienstes bestimmte Zweige der Hafenschiffahrt wirtschaftlicher werden können, liegt es im Interesse aller beteiligten Kreise, daß das gesamte geplante Funknetz auf Grund der Erfahrungen des Probebetriebes möglichst bald ausgebaut wird.

Unabhängig von diesem durch die Deutsche Bundespost errichteten und betriebenen Netz werden voraussichtlich seitens des Bundesverkehrsministeriums besondere Netze für navigatorische Zwecke — z. B. als Ergänzung eines zukünftigen Radardienstes innerhalb der Häfen, zur Steuerung von Fährschiffen, usw. — eingesetzt werden, wie sie z. B. in England bereits in Betrieb sind. Weiter sollte der UKW-Funkdienst bald für den Verkehr der Fischdampfer untereinander innerhalb der Fischerei-Fangflotten angewandt werden. Für alle diese nichtöffentlichen Dienste wird auch der Wechselsprechbetrieb von Bedeutung sein.

Ein internationaler Hafenfunkdienst als Ergänzung des Seefunkdienstes wird erst nach Vorliegen internationaler Regelungen eingerichtet werden können. Dadurch würde eine Lücke in den Verkehrsmöglichkeiten der Hochseeschiffe innerhalb der Häfen geschlossen werden. Der geschilderte Aufbau des innerdeutschen Hafen- und Küstenfunkdienstes wird jedoch wertvolle Hinweise und Erfahrungen in technischer und betrieblicher Hinsicht geben, die einem späteren Aufbau des internationalen Netzes zugute kommen werden.

IV. Zusammenfassung

Mit der Entwicklung der HF-Technik in dem Bereich ultrakurzer Wellen ist die Möglichkeit gegeben, kleine leistungsfähige Sender für Fahrzeuge zu bauen und damit die Grundlage für die beweglichen Landfunkdienste zu schaffen. In den Vollzugsordnungen für den Funkdienst (Ausgabe Atlantic City 1947) sind eine Anzahl Frequenzbereiche oberhalb 30 MHz für diese Dienste festgelegt worden.

Für öffentliche bewegliche Landfunkdienste müssen baldmöglichst zwischenstaatliche Absprachen über eine Reihe von Punkten getroffen werden, die die Technik der Fahrzeuggeräte richtunggebend beeinflussen. Die drei Betriebsarten: „Wechselsprechen", „Gegensprechen" und „bedingtes Gegensprechen" werden eingehend erläutert und die Eignung der beiden letzteren Arten für das Weiterschalten in Fernsprechnetze hervorgehoben.

Nach einem kurzen Hinweis auf die Anfänge eines beweglichen Landfunkdienstes in Deutschland wird die Versuchsanlage des Stadtfunkdienstes in Düsseldorf-Essen beschrieben. Die geplante Netzgestaltung des Autobahnfunkdienstes im Bundesgebiet wird umrissen und der Zweck der Versuchsanlagen I und II des Autobahnfunkdienstes dargelegt. Die technischen Mindestforderungen für die Sprechfunkanlagen sind zusammengestellt. Der geplante Zugfunkdienst und seine Eingliederung in den öffentlichen beweglichen Landfunkdienst werden kurz gestreift.

Die Übergangsschaltung „Funk-Draht" wird nur angedeutet, die Notwendigkeit, einen „Selektivruf" einzuführen, hervorgehoben. Dabei werden einige bereits verwendete Systeme näher erläutert und die Absicht der Deutschen Bundespost, ein Selektivrufsystem einzuführen, das durch Anwendung von hochselektiven Mitteln, wie z. B. Resonanzrelais, ausgezeichnet ist. Ein derartiges nichtdekadisch aufgebautes System verspricht bei den Fahrzeuganlagen gewisse Einsparungen an Schaltmitteln und NF-Leistung.

Die abgesetzten, ortsfesten Funkstellen werden mit Hilfe von Fernsteuer- und Rückmeldeeinrichtungen nach Art des Wechselstromfernwahlverfahrens ferngeschaltet bzw. fernüberwacht. Die Endstellen im Überleitungsamt am Ort eines Durchgangsfernamtes werden mit Einrichtungen für Aussendung und Empfang dieser Kommandos versehen und Überleitungsplätze zur Vermittlung der Funkgespräche vorgesehen.

Das Fernsprechen mit beweglichen Sprechstellen auf Binnen- und Küstenschiffen umfaßt den Eisbrecher- und den Rheinfunkdienst, die im Grenzwellenbereich zwischen 1605 und 2850 kHz abgewickelt werden, während der Hafen- und Küstenfunkdienst im UKW-Bereich von 156 bis 174 MHz durchgeführt wird. Der Eisbrecherdienst ist ein nichtöffentlicher Dienst der Wasserstraßenverwaltung und dient dazu, den Eisbrechern schnellstens Anweisungen zu erteilen. Der Rheinfunkdienst ist ein öffentlicher Dienst der Deutschen Bundespost und auf internationaler Ebene, entsprechend den Beschlüssen der 1. Rheinfunkkon-

ferenz Den Haag 1949, eingerichtet worden. Die deutsche Strecke des Rheins ist in 4 Verkehrsbereiche mit Landfunkstellen in Mannheim, Rüdesheim, Köln und Wesel aufgeteilt. Die technischen Einrichtungen, die Organisation und Betriebsabwicklung werden im einzelnen beschrieben. Auf Grund der Beschlüsse der 2. Rheinfunkkonferenz in Den Haag 1950 ist auf weite Sicht für die Abwicklung des Rheinfunkdienstes der Ultrakurzwellenbereich vorgesehen worden; z. Z. werden noch durch die beteiligten Verwaltungen (Belgien, Frankreich, Holland, Schweiz und Westdeutschland) Versuche über den günstigen Frequenzbereich innerhalb des 2-m-, 4-m- und 7-m-Bandes und über die günstigste Modulationsart — AM oder FM — durchgeführt. Über das Ergebnis der seitens der Deutschen Bundespost durchgeführten Versuche wird kurz berichtet.

Der Hafenfunkdienst kann nach einem internationalen und einem innerdeutschen Verkehrskreis unterschieden werden. Der internationale Dienst kann jedoch erst eingerichtet werden, wenn neben der in Atlantic City festgelegten Anrufwelle 156,8 MHz weitere Frequenzen sowie die Betriebsart festgelegt sind. Derartige Regelungen liegen noch nicht vor. Dagegen werden in Deutschland wie auch in anderen Ländern örtliche Netze aufgebaut, z. B. in den USA, England u. a. m. Innerhalb Deutschlands läuft z. Z. ein Erprobungsbetrieb im Hamburger Hafen; in Kürze folgen auch Kiel, Bremen, sowie Bremerhaven und Cuxhaven. In Zukunft ist damit zu rechnen, daß im Zuge des Ausbaues der navigatorischen Hilfsmittel durch die Wasserstraßenverwaltung weitere Netze eingerichtet werden. Über die Netzgestaltung und die technischen und betrieblichen Probleme der verschiedenen Dienstzweige wird ein Überblick gegeben.

V. Schrifttum

1. P. Häni: Drahtlose Telephonie für den Verkehr mit Fahrzeugen, Technische Mitteilungen schweizer PTT 1951, Heft 5, Seite 168—177.
2. N. Monk: Telephone Service for Trains, Bell Laboratories Record 1948, Januar, Seite 9—12.
3. N. Monk: Experimental Radio-Telephone Service for Train Passengers, Proceedings JRE 1951, August, Seite 873—881.
4. A. Samlowski: Polizeifunk in Großstädten, Druckschrift Nr. 766 der C. Lorenz AG (1940) über „Nachrichtenmittel der Ordnungspolizei", Seite 75—91.
5. H. Kappeler: Die Einführung des öffentlichen Telephonverkehrs mit Fahrzeugen in der Schweiz, Bull. schweizer elektrotechnischen Vereins 1949, Heft 14, Seite 433—439.
6. H. Albrecht: Drahtloser Telephonverkehr mit Fahrzeugen, Technische Mitteilungen Schweizer PTT 1951, Heft 10, Seite 392—398.
7. E. Buchmann: Der drahtlose Fernsprechanschluß über UKW-Funkkanäle, Siemens-Zeitschrift 1951, Heft 4, Seite 181—187.
8. K. O. Schmidt: Die Planung von Richtfunkanlagen im Dezimeter- und Zentimeterbereich, Der Fernmelde-Ingenieur 1951, Heft 8, Seite 20—23.
9. J. Großkopf: Ultrakurzwellenausbreitung im Bereich von 30 bis 100 MHz FTZ 1951, Heft 9, Seite 411—414 und Heft 10, Seite 441—451.
10. F. E. Butler: Mobile Radio-Telephone Service Links Nation, Radio News 1947, Mai, Seite 45—47, 108, 113, 114, 116, 118.

11. L. A. Dorff: Highway Mobile Radio System, Bell Laboratories Record 1948, Dezember, Seite 491—494.
12. Mobile Radio Handbook, 1. Auflage 1950, Herausgeber M. B. Sleeper, Great Barrington, Mass. USA, Seite 11 ff.
13. K. O. Schmidt: Ergebnisse und Aussichten zur Zusammendrängung des Frequenzbandes, Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1939, Seite 154 ff.
14. H. Bornemann: Die deutschen Vorkehrungen zur Erweiterung des Fernsprech-Frequenzbandes, Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens 1939, Seite 202 ff.
15. E. G. Dorgelo und Zijlstra: Zwei Senderöhren zur Verwendung in mobilen Anlagen, Philips' Technische Rundschau 1950, Heft 6, Seite 161—170.
16. J. L. H. Jonker und J. W. M. van Overbeek: Der „φ-Detektor", eine Detektorröhre für Frequenzmodulation, Philips' Technische Rundschau 1949, Heft 1, Seite 1—12.
17. H. Gruber: Funkeinsatz und Funkprobleme bei der Deutschen Bundesbahn, Signal und Draht 1951, Heft 2/3, Seite 37—40.
18. B. P. Cottrell: Land-Line Mobile Service, FM—TV 1948, April, Seite 33—35, 42, 44.
19. B. P. Cottrell: Selective Calling for Mobile Telephone Service, FM—TV 1948, Januar, Seite 32—34.
20. M. Jänke: Selektivrufverfahren für den Funkverkehr mit beweglichen Stationen, Frequenz 1951, Heft 11/12, Seite 310—314.
21. A. C. Keller und L. G. Bostwick: Reed Selectors for Mobile Radio Use, Electrical Engineering 1949, September, Seite 787.
22. O. Muck: DRP Nr. 446 981, Einrichtung zur Erzeugung und Übertragung von fallweise oder periodisch benötigten tonfrequenten Wechselströmen verschiedener Frequenzen über Leitungen, insbesondere Starkstromleitungen, zum Betrieb von Resonanzorganen jeder Art, insbesondere elektrischer Nebenuhren.
23. H. Preßler: 1. Rheinfunkkonferenz in Den Haag, FTZ (1949), Heft 9, Seite 279/280.
24. H. Preßler: 2. Rheinfunkkonferenz in Den Haag, FTZ (1950), Heft 7, Seite 254/255.
25. Multi-Carrier Communication System, Wireless World, Februar 1946, Seite 59—61.
26. J. Neale und D. W. Burr: The Thames Radio Service, The Post Office Electrical Engineers' Journal, Januar 1950 (Vol. 42), S. 213—220.
27. A. C. Peterson, Multiple close-spaced channels for mobile radio, Bell Laboraties Record, April 1950, Seite 153—155.

H. Bornemann

Entwicklung und Aufbau der CCI und deren gegenwärtige wesentliche Probleme

I. Entwicklung der CCI

Am 17. April 1952 ist die Bundesrepublik Deutschland in den Internationalen Fernmeldeverein (Union Internationale des Télécommunications, UIT) eingetreten, nachdem die Mitgliedschaft Deutschlands im Verein mit dem Ende des Jahres 1948 aufgehört hatte. Die Deutsche Post kann wieder voll an der Beratung und Bearbeitung der internationalen Fernmeldeprobleme mitwirken, wie sie es in früheren Jahrzehnten mit anerkanntem Erfolge getan hat. Wenn damit die Aufmerksamkeit in Deutschland wieder mehr auf die internationalen Fragen im Fernmeldewesen gelenkt wird, so ist im Rahmen dieses Buches besonders die technische Zusammenarbeit zu behandeln.

Im Fernmeldewesen währt die internationale Zusammenarbeit schon recht lange. Aus verschiedenen kleineren Vereinen ging nämlich schon 1865 der Welttelegraphenverein (Union Télégraphique Internationale) hervor, damals ein ausschließlich europäischer Verein. Mit der Ausdehnung des Weltverkehrs erweiterte der Verein seinen Wirkungskreis, dehnte seine zunächst nur auf die Telegraphie beschränkte Tätigkeit im Jahre 1885 auf das Fernsprechwesen aus und schloß sich im Jahre 1932 durch den Vertrag von Madrid mit dem Weltfunkverein zum Weltnachrichtenverein zusammen. Dieser wird seit 1948 in Deutschland als Internationaler Fernmeldeverein bezeichnet, damit Mißverständnisse, die vorgekommen sind, künftig vermieden werden. Von Anfang an waren es nicht die damals einfachen technischen Fragen, sondern die Verwaltungs- und Betriebsfragen, die den Gegenstand der

Vereinsberatungen bildeten. Auch als allmählich die technischen Fragen in der internationalen Zusammenarbeit dringender wurden, beschäftigte sich der Verein kaum damit. Denn diese Probleme traten zunächst nur zwischen Nachbarverwaltungen in begrenzten Gebieten auf, während der Verein inzwischen praktisch alle Staaten der Erde umfaßte und sich den universellen Aufgaben zugewandt hatte. Es entstanden daher zur Lösung der technischen Fragen besondere Organisationen, die CCI, d. h. Comités Consultatifs Internationaux, also Internationale Beratende Ausschüsse, und zwar der erste dieser Ausschüsse sogar ganz unabhängig vom Welttelegraphenverein.

Die Notwendigkeit zu engerer internationaler technischer Zusammenarbeit zeigte sich zuerst im europäischen F e r n s p r e c h wesen. Die Mittel- und Westeuropäischen Fernsprechverwaltungen gingen in den Jahren nach dem ersten Weltkrieg mit erheblichem Einsatz an Mitteln daran, ihre nationalen Fernsprechnetze von Freileitungen auf Fernkabel umzustellen, und der Verkehr verlangte gebieterisch, daß die Möglichkeiten zu einer guten Fernsprechverständigung nicht an den Grenzen der Länder Halt mache. Es zeigte sich dabei, daß nun, anders als vorher bei der Freileitungstechnik, nicht einfach eine Verknüpfung zweier Leitungsdrähte an der Grenze genügte, um eine internationale Verbindung herzustellen. Vielmehr mußte nun in den Zeiten der beginnenden Verstärkertechnik genau vereinbart werden, in welcher Weise die Leitungen gestaltet werden sollten, damit sie nach Wellenwiderstand, Verstärkerzahl, Pegel- und Geräuschbedingungen einen internationalen Verkehr gestatteten. Auch wollte man ja nicht nur Verbindungen zwischen den beiden Endpunkten der internationalen Leitungen herstellen, sondern die Verbindungen weit in die nationalen Netze hineinleiten. Der Grundsatz, daß jede Sprechstelle des einen nationalen Netzes imstande sein sollte, mit jeder Sprechstelle des anderen zu sprechen, wurde früh aufgestellt, und, zeitgemäß erweitert, beherrscht er noch heute alle Beratungen über die weltweite Ausdehnung des Fernsprechverkehrs. Der im November 1950 in hohem Alter verstorbene britische Ingenieur Sir Frank Gill hatte Vergleiche angestellt zwischen dem in den Vereinigten Staaten von Amerika von einer einzigen Gesellschaft geplanten, großen Fernsprechnetz und den zersplitterten europäischen Verhältnissen. Er hatte dabei als einer der ersten die Aufgaben erkannt, die es in Europa international zu lösen galt, und im November 1922 vorgeschlagen, die Verwaltungen sollten den Teil ihrer Netze, der dem internationalen Verkehr unmittelbar diente, in eine internationale Gesellschaft einbringen und diese unter Verzicht auf gewisse Hoheitsrechte mit der Wahrnehmung des europäischen Fernsprechdienstes beauftragen. Für so weit greifende Gedanken war allerdings die Zeit noch nicht reif; deshalb hatte Gill als Alternativvorschlag angeregt, daß man sich wenigstens in einer Vereinigung zur Lösung der technischen Fragen zusammenschließen sollte. Die französische Postverwaltung lud dementsprechend die Fernmeldeverwaltungen von Belgien, Großbritannien, Italien, der Schweiz und Spanien zu einer Tagung für März 1923 nach Paris ein. Dort beschloß man die Gründung des

Comité Consultatif International des communications téléphoniques à grande distance, damals abgekürzt mit CCI, später CCIF bezeichnet. Die 1. Vollversammlung des CCI fand im April/Mai 1924 in Paris statt, und zwar unter Beteiligung von 19 europäischen Fernsprechverwaltungen, darunter auch der deutschen. Anfangs bestand die Organisation des CCI aus einer Vollversammlung, einem ständigen Ausschuß und dem Generalsekretariat. 1926 schuf man die Organisationsform, die sich in ihren Grundzügen bis auf den heutigen Tag gut bewährt hat. Die zunächst jährlich einmal tagende Vollversammlung, in der sich die bedeutendsten Fernsprechfachleute der Verwaltungen zusammenfanden, hatte als wichtigstes Organ über alle entscheidenden Fragen zu beschließen. Die laufenden Arbeiten wurden einem Generalsekretariat übertragen, das seinen Sitz in Paris hatte und der Aufsicht der französischen Postverwaltung unterstand. Praktisch von großer Bedeutung aber wurden die Berichterkommissionen, die, später Studienkommissionen genannt, auf den einzelnen Fachgebieten die aufgeworfenen Fragen durchzuberaten, der Vollversammlung Lösungsvorschläge und gleichzeitig Vorschläge für neue Fragen zu machen hatten. Man begann mit 8 Berichterkommissionen, von denen 6 sich technischen Fragen widmeten, die beiden anderen Betriebs- und Gebührenfragen. Von entscheidender Bedeutung für die Wirksamkeit des CCI war, daß es als Ergebnis seiner Beratungen nur Empfehlungen (auch im Deutschen manchmal als „Avis" bezeichnet) veröffentlichte, keine bindenden Beschlüsse. Wenn man darin auf den ersten Blick einen Mangel sehen könnte, so zeigte sich doch, daß hierin gerade ein besonderer Vorteil liegt. Denn wenn die Verwaltungen grundsätzlich frei sind, die Empfehlungen anzunehmen oder nicht durchzuführen, so fällt es ihren Vertretern leichter, bei den Beratungen in Einzelheiten nachzugeben. Die Empfehlungen wurden regelmäßig einstimmig angenommen. Tatsächlich aber wendeten später nach Annahme einer Empfehlung fast alle Verwaltungen, auch jene, die anfangs zurückhaltend waren, die einzelnen Empfehlungen an. So groß war das Ansehen, das sich das CCI in kurzer Zeit schuf, so klar aber auch die Einsicht der Verwaltungen, daß ein europäisches Fernsprechnetz nur entstehen kann, wenn die eine Verwaltung in diesem, die andere in jenem Punkte nachgibt. In der ganz überwiegenden Zahl der Fälle haben sich die gleichen Erfahrungen immer wieder bis heute bei allen drei CCI ergeben. Allerdings wären diese Erfolge nicht erzielt worden, wenn sich nicht stets die Vorsitzenden der einzelnen Kommissionen und die maßgebenden Berichter der einzelnen Verwaltungen mit Recht eines großen Rufes in der Fachwelt erfreut hätten und wenn sie nicht in unermüdlicher Arbeit zusammen mit allen beteiligten Kollegen die aufgeworfenen Fragen und die Möglichkeit einer alle Verwaltungen befriedigenden Lösung eingehend durchstudiert hätten. Dazu kam noch, daß man bei der Gründung des CCI mit der Wahl des Generalsekretärs eine außerordentlich glückliche Hand gehabt hatte. Die französische Verwaltung hatte hierzu einen ihrer jüngeren Beamten zur Verfügung gestellt, den heutigen Direktor der Organisation George Valensi, der, wie sich schnell

herausstellte, im großen und im kleinen unermüdlich wirksam mit hervorragendem diplomatischen Geschick, ungewöhnlich großer Sachkunde und unerschütterlicher Sachlichkeit die Ziele des CCI förderte. Die mäßigen allgemeinen Unkosten des CCI wurden durch eine gestaffelte Umlage der beteiligten Verwaltungen aufgebracht.

Zunächst waren es nur europäische Verwaltungen, die dem CCI angehörten; denn es waren ja die Sorgen um den Aufbau des europäischen Fernsprechnetzes, die hier besprochen werden sollten. Da aber zur gleichen Zeit die American Telephone und Telegraph Co. (ATT) das nordamerikanische Fernsprechnetz ausbaute und da auch infolge der Verwendung der gleichen amerikanischen Technik in andern außereuropäischen Ländern und in einigen europäischen Ländern ein Erfahrungsaustausch zwischen den Kontinenten angebracht erschien, traten bald auch nichteuropäische Verwaltungen in das CCI ein. Die ATT stiftete in dem weitschauenden Bestreben, wenigstens die Grundforderungen der Verständlichkeit in den Vereinigten Staaten und in Europa, zwischen denen damals noch kein Fernsprechverkehr möglich war, vergleichbar zu machen, 1926 dem CCI einen Fernsprechureichkreis (Système Fondamental Européen de Référence pour la Transmission téléphonique). Das führte zur Gründung eines fernsprechakustischen Laboratoriums des CCI (SFERT-Laboratorium), ebenfalls in Paris; es wurde 1928 in Betrieb genommen. Vertreter der Fernsprechindustriefirmen wurden als Sachverständige in den Berichterkommissionen zugelassen. Da aber einige Konzerne der Fernmeldeindustrie in verschiedenen, namentlich in außereuropäischen Staaten das Fernsprechbetriebsmonopol als Konzession übernommen haben, haben diese Konzerne die Möglichkeit, ihre Fachleute als Vertreter der betreffenden Fernsprechverwaltungen auch in die Vollversammlung zu entsenden. Durch die Beteiligung der Industrie ist übrigens die Sicherheit gegeben, daß die Beratungen ganz allgemein nicht nur unter den Gesichtspunkten der Fachleute der Verwaltungen stattfinden, die vielleicht von manchen Kreisen der Fernsprechteilnehmer als etwas konservativ oder fiskalisch eingestellt angesehen werden, sondern daß auch eine Auseinandersetzung über die neuesten Entwicklungen stattfindet. Die technischen Empfehlungen des CCI haben sich in verhältnismäßig kurzer Zeit ein so großes Ansehen bei den meisten europäischen Verwaltungen erworben, daß das CCI Musterpflichtenhefte aufstellte, die für Lieferungen von Fernsprecheinrichtungen als Mindestforderungen zugrunde gelegt werden können. Diese Mindestforderungen sind allgemein anerkannt. Man spricht daher kurz davon, daß eine Anlage CCI-mäßig geliefert werden solle.

Die Berichterkommission des CCI für Fragen der Starkstrombeeinflussung konnte auf die Dauer mit wesentlichen Fortschritten ihrer Arbeit nur rechnen, wenn sie auch mit Vertretern der Starkstromseite enge Fühlung nahm; denn manche der zu entwerfenden Empfehlungen bedeuteten Anforderungen an die Starkstromseite, mußten also mit dieser abgestimmt werden, wenn sie Aussicht auf Verwirklichung haben sollten.

Außerdem waren die besten Schutzmaßnahmen gegen Starkstromeinfluß gerade durch gemeinsam auszuführende Versuche an einander benachbarten Starkstrom- und Fernmeldeanlagen zu finden. Daher beschloß das CCI 1926, eine internationale Kommission zu gründen, in der es mit den Starkstrominteressenten zusammenarbeitet. Diese „Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunications et de canalisations souterraines" (CMI) hielt ihre erste Tagung 1927 in Bern ab. Sie hat in den 25 Jahren ihres Bestehens viel zum Ausgleich der Interessen zwischen Starkstrom- und Fernmeldeseite beigetragen. Vorsitzender wurde nach dem Kriege ein Vertreter der Starkstromseite. Die Sekretariatsgeschäfte werden vom CCIF wahrgenommen. Mitglieder sind außer dem CCIF und CCIT die internationalen Vereinigungen der Elektrizitätserzeugungs- und -verteilungsunternehmen (CIGRE und UIPDE), der Eisenbahnen (UIC) und der Gaswerke (UIG), ferner als außerordentliche Mitglieder verschiedene nationale Organisationen. Die Vollversammlung tagt etwa alle drei Jahre. Die Kommission arbeitet in zwei Abteilungen: 1. Starkstromschutz der Fernmeldeleitungen, 2. Schutz unterirdischer Anlagen gegen Korrosion. Jede Abteilung hat etwa 10 Studienkommissionen zur Bearbeitung der Einzelfragen. Die zweite Abteilung hat in ihre Arbeiten auch die Fragen der Korrosion an Gas- und Wasserleitungen einbezogen.

Der Nutzen, den die Arbeiten des CCI für das Zusammenwachsen der europäischen Fernsprechnetze brachte, hatte sich schon bei der Tagung des Welttelegraphenvereins in Paris 1925 so klar erwiesen, daß der Verein in der Telegraphenvollzugsordnung das CCI offiziell anerkannte. Aber auch auf dem Gebiet der Telegraphie machte sich das Bedürfnis fühlbar, eine entsprechende Körperschaft ins Leben zu rufen, um die technischen Fragen und die Betriebsfragen des internationalen Dienstes zu studieren, die für das Gedeihen der internationalen Telegraphenverbindungen bis in ihre Einzelheiten erforscht und gemeinsam gelöst werden müssen. Zwar hatten schon 1908, 1910 und 1914 internationale Kongresse der Telegraphentechniker und 1921 eine europäische Telegraphenkonferenz zur Behandlung solcher Fragen stattgefunden. Nun aber empfand man dringender das Erfordernis, eine Organisation zu bilden, in deren Rahmen man auch länger andauernde Untersuchungen in Angriff nehmen könnte; denn die zunehmende Kompliziertheit der Technik, z. B. durch die Einführung moderner Telegraphenapparate und der WT, machten einheitliche internationale Regelungen notwendig. Man beschloß deshalb 1925 auf einen deutschen Vorschlag hin, einen entsprechenden Ausschuß zu bilden. Dieses „Comité Consultatif International des communications Télégraphiques" (CCIT) trat im November 1926 in Berlin zur ersten Vollversammlung zusammen. Während die etwa alle drei Jahre tagende Vollversammlung wie beim CCIF die entscheidende Körperschaft war und die eigentlichen technischen Untersuchungen in den Berichterausschüssen geleistet wurden, hatte man kein besonderes Sekretariat vorgesehen. Vielmehr sollten die Sekretariatsgeschäfte wechselnd immer von der Verwaltung wahrgenommen

werden, in deren Land die nächste Vollversammlung tagen würde. Eigene Geldmittel brauchte das CCIT also nur wenig. Diese Sparsamkeit, von der man erst 1947 abging, hat die Erfolge der Arbeiten des CCIT etwas gehemmt. Denn ein hauptamtlich mit der Förderung der Ziele des CCIT betrautes Büro hätte auf die Dauer in manchen Fällen die Arbeiten besser fördern und abklären können, als es bei allem guten Willen einer nur drei Jahre lang mit diesen Aufgaben betrauten Verwaltung möglich war. Man begann die Arbeit im CCIT mit 3 Berichterkommissionen; die Zahl wuchs aber schon 1929 auf 8.

Die Welt f u n k konferenz in Washington 1927 sah sich ebenfalls der Tatsache gegenüber, daß gewisse technische Fragen ihres Zuständigkeitsbereiches einer einheitlichen internationalen Regelung bedurften, die nicht mehr durch die Beratung auf seltenen Verwaltungskonferenzen, sondern nur durch dauernde Bearbeitung in Arbeitsausschüssen erreicht werden konnte. Auf dem Funkgebiet war es neben der schnellen Entwicklung der Apparattechnik und neben der Ausbreitungsforschung auch der sich allmählich immer schärfer abzeichnende Mangel an Frequenzen, der das Bedürfnis nach dauernder internationaler Zusammenarbeit verstärkte. Im Funkvertrag von Washington ist daher die Bildung des „Comité Consultatif International Technique des Communications Radioélectriques“ (CCIR) vorgesehen worden. Das CCIR trat aber erst im September 1929 in den Haag zu seiner ersten Vollversammlung zusammen. Die Organisationsform, die man wählte, wich sowohl von der des CCIF wie von der des CCIT ab. Zwar lagen wieder bei der alle drei Jahre tagenden Vollversammlung die maßgebenden Entscheidungen. Doch wurden die Sekretariatsgeschäfte überwiegend dem Büro des Weltnachrichtenvereins überlassen. Eigene Geldmittel brauchte das CCIR hiernach nicht. Zur Beratung der Fragen auf den Tagungen wurden Ausschüsse gebildet, die sich aber spätestens bei Ende der Vollversammlung auflösten. Zur Bearbeitung der Fragen in der Zeit bis zur nächsten Vollversammlung wurden „Gruppen von Verwaltungen“ gebildet, die sich der Bearbeitung widmen sollten; für jede Gruppe wurde eine leitende Verwaltung bestimmt. Diese Gruppen von Verwaltungen unterschieden sich von den Berichterkommissionen des CCI und CCIT dadurch, daß sie nicht für ein bestimmtes Gebiet der Funktechnik eingesetzt waren, sondern für eine oder mehrere Fragen, daß sie sich also beim Wechsel der Fragen immer wieder neu bildeten. Ferner waren beim CCI stets einzelne Spezialisten von Ruf für die einzelnen Berichterkommissionen benannt. Beim CCIR waren es die Verwaltungen, die als Mitarbeiter in den Fragenlisten benannt wurden. Es ist verständlich, daß bei der Organisation des CCI mehr Gelegenheit zu Einzelimpulsen für die Arbeit seitens interessierter Spezialisten gegeben war als bei der Arbeitsweise des CCIR. Tatsächlich ist es bei diesem auch weniger zu Besprechungen der Fragen außerhalb der Vollversammlung gekommen; man hat sich mehr auf den schriftlichen Weg beschränkt.

Die Weltnachrichtenkonferenz in Madrid 1932 schloß den Welttelegraphenverein und den Weltfunkverein zum Weltnachrichtenverein

zusammen. Der Vertrag enthielt auch einen kurzen Artikel über Internationale Beratende Ausschüsse (Comités Consultatifs Internationaux). Die Organisation der Ausschüsse wurde für jeden der drei besonders in Anhängen zu den einzelnen Vollzugsordnungen (für den Fernsprechdienst, den Telegraphendienst und den Funkdienst) festgelegt; dabei wurden die erwähnten Unterschiede beibehalten. Da sich der Begriff CCI allmählich zu einem Oberbegriff für die drei Ausschüsse entwickelt hatte, bezeichnete man nun den Ausschuß für den Fernsprechdienst in der Abkürzung mit CCIF. Auch wurden die Bezeichnungen verkürzt in: Comité Consultatif International Téléphonique, Télégraphique und des Radiocommunications.

II. Organisation der CCI im Rahmen des internationalen Fernmeldevereins

Die Tagung des Internationalen Fernmeldevereins in Atlantic City 1947 befaßte sich eingehend mit der Organisation der CCI. Während diese bis dahin zwar vom Verein anerkannt, aber doch verhältnismäßig selbständig und finanziell unabhängig existierten, wurden sie bei Inkrafttreten des neuen Internationalen Fernmeldevertrages am 1. Januar 1949 in den Internationalen Fernmeldeverein eingegliedert. Dieser hat nämlich seitdem folgende Organe: 1. die Konferenz der Regierungsbevollmächtigten, 2. die Verwaltungskonferenzen, 3. die ständigen Organe: a) Verwaltungsrat, b) Generalsekretariat, c) den Internationalen Ausschuß zur Frequenzregistrierung (IFRB), d) CCIT, e) CCIF, f) CCIR.

Die CCI erhielten nun eine einheitliche Organisationsform. Der Auftrag an die CCI lautet nach dem Internationalen Fernmeldevertrag, „über technische Fragen sowie Betriebs- und Gebührenfragen der Telegraphie, der Bildtelegraphie und des Fernsprechwesens und über technische Fragen des Funkdienstes sowie über Betriebsfragen, deren Lösung hauptsächlich von Erwägungen funktechnischer Art abhängt, Studien durchzuführen und Empfehlungen herauszugeben".

Die Fragen werden in der Regel von der Vollversammlung des betreffenden CCI aufgeworfen, können aber auch von anderen Vereinsorganen oder von mindestens 12 Vereinsmitgliedern gestellt werden. Mitglieder der CCI sind die Verwaltungen der Länder, die dem Verein als ordentliche oder außerordentliche Mitglieder angehören, und die anerkannten Betriebsgesellschaften, die erklärt haben, ihre Sachverständigen an den Arbeiten teilnehmen lassen zu wollen. Jedes CCI hat als Organe:

a) die Vollversammlung, die alle zwei Jahre und insbesondere ungefähr ein Jahr vor der entsprechenden (Telegraphen- und Fernsprech- oder Funk-)Verwaltungskonferenz tagen sollte,
b) die Studienkommissionen (die früheren Berichterkommissionen),
c) einen Direktor, der von der Vollversammlung gewählt wird; das CCIR hat außerdem einen Vizedirektor (besonders für Rundfunkfragen),
d) ein Sekretariat.

Organisation des Internationalen Fernmeldevereins (UIT)

1. Organ — 2. Tagungen oder Sitz — 3. Hauptaufgaben

1. **Bevollmächtigten-Konferenz (Regierungskonferenz)**
2. alle 5 Jahre (Atlantic City 1947)
3. Internationaler Fernmeldevertrag

1. **Verwaltungskonferenzen**
2. alle 5 Jahre (Funk: Atlantik City 1947, Tel. und Fernspr.: Paris 1949, Außerord. Funk-Verw.-Konf. Genf 1951)
3. Vollzugsordnungen

1. **Verwaltungsrat,** 18 Mitglieder, gewählt v. Regier.-Konferenz
2. jährlich in Genf
3. Koordinierung, Aufsicht, Haushalt

Gen.-Sekretariat	IFRB	CCIT	CCIF	CCIR
1. **Gen.-Sekretariat** 1 Gen.-Sekretär, 2 Vize-Gen.-Sekr.	1. **IFRB** 11 Mitgl., gewählt v. Funk-Verw. Konf.	s. Seite 110		
2. Genf	2. Genf			
3. lfd. Geschäfte Veröffentlichungen	3. Frequenzregistrierung			

Das CCIF verfügt außerdem über ein Laboratorium. Internationale Organisationen, deren Tätigkeit sich mit der eines CCI berührt, können mit beratender Stimme mitarbeiten. Ferner können wissenschaftliche Organisationen und industrielle Unternehmungen, die sich mit dem Studium von Fernmeldefragen oder mit der Herstellung von Fernmeldegerät befassen, in beratender Eigenschaft zu den Tagungen der Studienkommissionen zugelassen werden, wenn die Verwaltung des Heimatlandes zustimmt. Grundlagen für die Arbeiten der Studienkommissionen sind die von den einzelnen Verwaltungen gelieferten Berichte zu den Fragen. Die Studienkommissionen tagen je nach Bedarf einmal oder mehrmals zwischen zwei Vollversammlungen, um nach eingehender Beratung die Antworten auf die Fragen zu entwerfen.

Die Direktoren, die die allgemeinen Verwaltungsgeschäfte führen, nehmen an den Sitzungen des Verwaltungsrates des Internationalen Fernmeldevereins teil. Jeder Direktor legt der Vollversammlung seines

CCI einen Ausgabenvoranschlag für die nächsten Jahre vor. Nach Billigung durch die Vollversammlung geht der Voranschlag an den Generalsekretär des Internationalen Fernmeldevereins und wird dann ein Teil von dessen Voranschlag. Die ordentlichen Verwaltungskosten werden

Organisation eines CCI

1. Organ — 2. Tagungen oder Sitz — 3. Hauptaufgaben

1. **Vollversammlung**
2. alle 2 Jahre (CCIT Brüssel 1948, CCIF Florenz 1951, CCIR Genf 1951)
3. Empfehlungen

1. **Studienkommissionen**
   CCIT 11,
   CCIF 8 + Sonderkomm.
   CCIR 14
2. nach Bedarf
3. Vorbereitung der Empfehlungen

1. **Direktor und Sekretariat**
   (CCIR: + 1 Vizedirektor für Rundfunk)
2. Genf
3. Verwaltung

1. **Laboratorium** (bisher nur CCIF)
2. Genf
3. Spezialuntersuchungen

aus den Beiträgen der Mitgliedsländer des Internationalen Fernmeldevereins bezahlt. Die außerordentlichen Ausgaben für Tagungen werden von den mitarbeitenden Verwaltungen und Privatgesellschaften getragen.

(Die im Abschnitt I beschriebene Organisation der CMI wurde von den Änderungen nicht berührt.)

Die neuen Bestimmungen stellen eine enge Verbindung zwischen den CCI und den anderen Organen des Fernmeldevereins her und sichern auf diese Weise die Einheitlichkeit der Arbeiten. Auch war es natürlich, daß man bei der Ähnlichkeit der Aufgaben, die den drei CCI gestellt sind, die gleiche Organisationsform für zweckmäßig hielt. Da in den vergangenen Jahren das CCIF am fruchtbarsten gearbeitet hatte und seine Organisationsform offenbar vorteilhaft war, ist die im Fernmeldevertrag gewählte Form der alten Organisation des CCIF recht ähnlich. Allerdings ist mit der neu gewählten Gestalt der CCI ein größerer finanzieller Aufwand verknüpft. Da die Verwaltung des Internationalen Fernmeldevereins zu Beginn des Jahres 1949 von Bern nach Genf übersiedelte, zogen auch das Sekretariat und das Laboratorium des

CCIF zu diesem Zeitpunkt von Paris nach Genf um, und CCIT und CCIR richteten ebenfalls dort ihre Verwaltungen ein. Die Bestimmung, daß die CCI alle zwei Jahre tagen sollten, wurde bisher nicht durchweg eingehalten, und auch für die Zukunft wird man die Notwendigkeit einer großen, kostspieligen Tagung nicht nur von einer Regel, sondern wesentlich von den wechselnden Bedürfnissen abhängig machen. Die Festlegung, daß die CCI etwa ein Jahr vor der betreffenden Verwaltungskonferenz tagen sollten, hat sich bisher ebenfalls nicht allgemein durchführen lassen. Vielleicht wird man angesichts dieser Tatsachen mit einer Änderung des Fernmeldevertrages rechnen können.

Die bisherigen Vollversammlungen der CCI und der CMI sind aus folgender Übersicht zu ersehen:

CCIF

1.	1924	Paris	9.	1932	Madrid
2.	1925	Paris	10.	1934	Budapest
3.	1926	Paris	11.	1936	Kopenhagen
4.	1927	Como	12.	1938	Kairo
5.	1928	Paris	13.	1945	London
6.	1929	Berlin	14.	1946	Montreux
7.	1930	Brüssel	15.	1949	Paris
8.	1931	Paris	16.	1951	Florenz

CCIT

1.	1926	Berlin	4.	1934	Prag
2.	1929	Berlin	5.	1936	Warschau
3.	1931	Bern	6.	1948	Brüssel

CCIR

1.	1929	Den Haag	4.	1937	Bukarest
2.	1931	Kopenhagen	5.	1948	Stockholm
3.	1934	Lissabon	6.	1951	Genf

CMI

1.	1927	Bern	4.	1936	Paris
2.	1929	Paris	5.	1947	Paris
3.	1934	Paris	6.	1950	Paris

Die grundlegende organisatorische Änderung, die für die CCI am 1. Januar 1949 in Kraft trat, hat für die sachliche Arbeit der Studienkommissionen keinen scharfen Einschnitt bedeutet. Daher kommt es, daß auch noch heute nach drei Jahren die Arbeitsweise in den drei CCI trotz der einheitlichen Organisationsform merklich verschieden ist.

Beim CCIF geben einige Verwaltungen zu den einzelnen Fragen umfangreiche Berichte, die den Fragenkomplex und z. T. auch Randfragen behandeln. Die Berichte gehen vom Sekretariat allen Verwaltungen zu; hiernach sucht man in den Kommissionssitzungen die Angelegenheit durch den Entwurf einer Empfehlung zu regeln. Ist die

Angelegenheit dafür noch nicht reif, so werden häufig Auszüge aus interessanten Verwaltungsberichten als Material zu der betreffenden Frage in der Buchreihe des CCIF veröffentlicht. Die Buchreihe, die nach jeder Vollversammlung durch Zusatzbände, in längeren Fristen durch Neuauflagen in wechselnden Einbandfarben auf den neuesten Stand gebracht wird, besteht zur Zeit aus 5 „Gelbbüchern" (Band I^{bis} und II bis V) mit 2 Anhangbänden. Die in französischer Sprache erscheinende Reihe (rund 1300 Seiten) wird in Kürze nach Ersetzung der Bände I^{bis} und III und Herausgabe des Bandes VI auf 6 Gelbbücher angewachsen sein (I^{ter}, II, IIIbis, IV bis VI). Sie enthält alle Empfehlungen und alle zur Bearbeitung gestellten Fragen sowie die dazugehörigen technischen Bemerkungen. Daneben hat das CCIF Dienstbehelfe herausgegeben, z. B. eine Dienstanweisung für das Fernsprechpersonal an internationalen Leitungen. Ferner erscheint nach jeder Vollversammlung seit 1946 ein Buch in Neuauflage, das den neuesten Stand der europäischen Fernsprechnetzplanung (einschließlich der Planung im Mittelmeerbecken) wiedergibt. Entsprechend dem großen Geschäftsumfang beläuft sich der Haushalt des CCIF einschließlich der Kosten für den Laboratoriumsbetrieb auf etwas über 400 000 Schweizer Franken jährlich.

Das CCIT wächst indessen nur langsam in den vom Internationalen Fernmeldeverein vorgezeichneten Rahmen hinein. Es hat bisher noch keinen Direktor gewählt; seine Aufgaben werden vielmehr zunächst von einem der stellvertretenden Generalsekretäre des Fernmeldevereins wahrgenommen. Der jährliche Haushalt beläuft sich auf etwa 90 000 Schweizer Franken. Die Zahl der an den einzelnen Beratungen beteiligten Vertreter ist im allgemeinen viel kleiner als beim CCIF und CCIR. Im kleinen Kreise gestalten sich, zumal die Spezialisten sich auch persönlich durch lange Zusammenarbeit gut kennen, die Verhandlungen flüssiger. Daher bleibt die Zahl der schriftlichen Berichte geringer, und die zentralen Sekretariatsarbeiten nehmen keinen so großen Umfang an wie bei den beiden anderen CCI. Nach dem Kriege wurde erst eine Vollversammlung abgehalten, obwohl für ihre Häufigkeit jetzt auch die Richtlinie gilt, daß die Tagungen alle zwei Jahre stattfinden sollten. Die letzte Buchveröffentlichung enthält die Ergebnisse der Brüsseler Vollversammlung 1948, d. h. in der Hauptsache Empfehlungen und Fragen, und zwar in Neuauflage nach den Beschlüssen der Studienkommissionen 1951 berichtigt.

Beim CCIR liegt in Nachwirkung der früheren Regelung, nach der die leitende Verwaltung für jede Frage das Fortschreiten der Arbeiten zu betreiben hatte, eine erhebliche Verantwortung für den Fortgang der Arbeiten bei den Vorsitzenden der Studienkommissionen. Die Ausschüsse selbst treten, abgesehen von der Tagung unmittelbar vor der Vollversammlung, wenig zusammen. Die Kommissionsvorsitzenden müssen vielmehr versuchen, durch geschickte Verarbeitung der Berichte, die die Verwaltungen zu den einzelnen Fragen übersenden, einen Antwortentwurf vorzubereiten, der die verschiedenen Ansichten zweckmäßig zusammenfaßt. Die Studienkommissionen können dann verhältnismäßig schnell

zu einem auf dieser Vorarbeit beruhenden Vorschlag an die Vollversammlung kommen. Allerdings ist die Arbeit beim CCIR insofern schwieriger als bei den anderen CCI, als infolge der Frequenzknappheit und der weltweiten Wirkung vieler Funkanlagen auch bei technischen Fragen verkehrspolitische oder allgemeinpolitische Gesichtspunkte, unter Umständen solche von großer materieller Tragweite, zur Geltung kommen. Daher wird beim CCIR die Formulierung der Fragen und Empfehlungen in dieser Hinsicht besonders vorsichtig vorgenommen, und die Verhandlungen werden häufig auf die Erörterung dessen beschränkt, was im genauen Wortlaut der Frage steht. Das kann gelegentlich dazu führen, daß die Studienkommissionen sich neben der technischen Beratung der vom Vorsitzenden aufgestellten Entwürfe auch eingehenden Erörterungen über die passendste Formulierung widmen. Das CCIR ist organisatorisch schnell in den Rahmen hineingewachsen, der ihm im Fernmeldevertrag gesteckt worden ist. Im Gegensatz zu den beiden anderen CCI, deren Blick in erster Linie Europa zugewandt ist, stellt das CCIR entsprechend der weltweiten Wirkung des Funks seine Untersuchungen ganz allgemein auf die technischen Funkprobleme ab, die alle Länder interessieren. Direktor des CCIR ist Prof. B. van der Pol, der sich durch eine ganze Reihe von bedeutenden Veröffentlichungen über physikalische Probleme, die mit der Funktechnik zusammenhängen, besonders auch über Wellenausbreitung einen großen Ruf erworben hat. Der Haushalt des CCIR, der größte der drei Haushalte der CCI, beläuft sich auf annähernd 500 000 Schweizer Franken jährlich. Wie nach jeder Vollversammlung ist auch 1951 ein Druckwerk (zweibändig) herausgegeben worden; der erste Band enthält die Empfehlungen, neuen Fragen, Studienprogramme und offiziellen Berichte, der zweite einige Fachberichte, die bei der Vollversammlung von Wichtigkeit waren.

III. Probleme, die bei den CCI vorliegen

1. Organisatorische Fragen

Die Organisationsform der CCI ist nie erstarrt. Auch abgesehen von den größeren Umgestaltungen ergaben sich Änderungen. Kommissionen wurden gebildet und nach Erfüllung ihrer Aufgabe aufgelöst. Um jederzeit möglichst gut wirksam zu sein, darf sich die einzelne Organisation nicht nur den ihr gestellten Problemen widmen, sie muß auch auf die eigene zweckmäßige Gestaltung dauernd bedacht sein. Hierbei gilt es, die Zahl und Beanspruchung der Mitarbeiter und die Kosten möglichst gering zu halten, und zwar durch Begrenzung des wachsenden Kreises der Aufgaben, durch zweckmäßige Verteilung der Aufgaben und durch die Sicherung der guten und schnellen Zusammenarbeit mit anderen Organisationen bei gemeinsamen Fragen. Daß die Zahl der Aufgaben der CCI dauernd gewachsen ist, wird man zum großen Teil auf die immer mehr verfeinerte Nachrichtentechnik sowie darauf zurückzuführen haben, daß sich die Verbindungen zwischen den verschiedenen Ländern immer enger gestalteten und daß ferner das Interesse an den Ar-

beiten der CCI ständig gewachsen ist. Dieser erfreulichen Entwicklung steht das Bedenken gegenüber, daß die Verhandlungen durch die wachsende Zahl der Teilnehmer und durch längere Dauer zu aufwendig werden könnten. Die Verteilung der nun einmal notwendigen Arbeiten auf Unterkommissionen oder auf neu zu bildende kleine Kommissionen hat es aber bisher immer ermöglicht, das Wachstum der äußeren Organisation geringer zu halten, als nach dem Anwachsen des zu bewältigenden Stoffes zu befürchten war. Man wird annehmen dürfen, daß es auch weiterhin für die Direktoren der CCI ein ernstes Anliegen und eine nicht immer leicht zu lösende Aufgabe ist, die Organisationsform jederzeit so vorzuschlagen, daß die mit dem Wachstum verbundenen Gefahren nicht zu groß werden.

Eine ganze Reihe von Fragen eines CCI berührt auch wesentlich die Interessen eines anderen CCI oder einer anderen internationalen Organisation, z. B. der Union Européenne de Radiodiffusion. Wenn die beiden beteiligten Organisationen zu übereinstimmenden endgültigen Beschlüssen kommen sollen, liegt es nahe, zur Vorberatung einen gemeinsamen Ausschuß zu bilden, und tatsächlich geht man auch in einzelnen Fällen so vor. Da aber schon die Bildung eines solchen Ausschusses von den beiden verhältnismäßig selten tagenden Vollversammlungen abhängt und ebenso die weitere Arbeit von beiden Organisationen gesteuert werden müßte, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, solche Fragen, die zwei CCI betreffen, doch nur einem CCI zur Beantwortung zuzuweisen und bei den Beratungen einige wenige Vertreter des anderen CCI hinzuzuziehen. Dieses besonders vom Direktor des CCIF erprobte Verfahren führt dazu, daß das mehr an der Lösung der Frage interessierte CCI die Bearbeitung übernimmt und ohne organisatorische Hemmungen durchführt. Daneben besteht natürlich die Möglichkeit, daß namentlich bei einfacheren Fragen oder bei solchen von geringerer Bedeutung die einzelnen Verwaltungen ihre Vertreter innerhalb eines CCI so auswählen oder so instruieren, daß auch die Interessen des anderen Gebietes bei den Beratungen hinreichend gewahrt bleiben; eine Mitwirkung des anderen CCI kann dann auf die formale Seite beschränkt bleiben. Bei der Bearbeitung von Fragen, an denen andere internationale Organisationen beteiligt sind, kommt es darauf an, unabhängig von ihrer Arbeitsweise die nötigen Unterlagen rechtzeitig zu erhalten und die sachverständigen Vertreter an den Ausschußberatungen zu beteiligen. Gerade hier zeigt es sich, wie wertvoll es ist, wenn im Sekretariat des CCI der Direktor oder seine mitarbeitenden Ingenieure den Kernpunkt der einzelnen Probleme bei den Vorarbeiten klar herausgestellt haben. Dann läßt sich trotz der verschiedenen Ausgangspunkte und Betrachtungsweisen der Beteiligten bei den Beratungen meist ein befriedigender Fortschritt erreichen, der den schon in den Formulierungen klar dargelegten Belangen der Fernmeldeverwaltungen und denen der anderen Organisation Rechnung trägt.

Es ist also in den fast drei Jahrzehnten des Bestehens der CCI unter stetiger Weiterentwicklung diejenige Organisationsform ausgebildet

worden, die den Bedürfnissen am besten Rechnung trägt. Sie wird gegenüber den immer wieder in anderer Form auftretenden Anforderungen und Möglichkeiten nicht erstarren dürfen.

2. Wesentliche Fragen des CCIF

Der Fernsprechteilnehmer wünscht sich für den internationalen Verkehr eine gute Verbindung, die ihm möglichst schnell nach der Anmeldung zu billigem Tarif zur Verfügung gestellt wird. Hiernach lassen sich die wesentlichen, beim CCIF anhängigen Fragen einordnen in die Gruppen: Übertragungsgüte und Störungen, Verbindungsaufbau, Betrieb, Tarif. Bei dieser Einteilung gibt es natürlich eine Reihe von Fragen, die in mehrere Gruppen gehören.

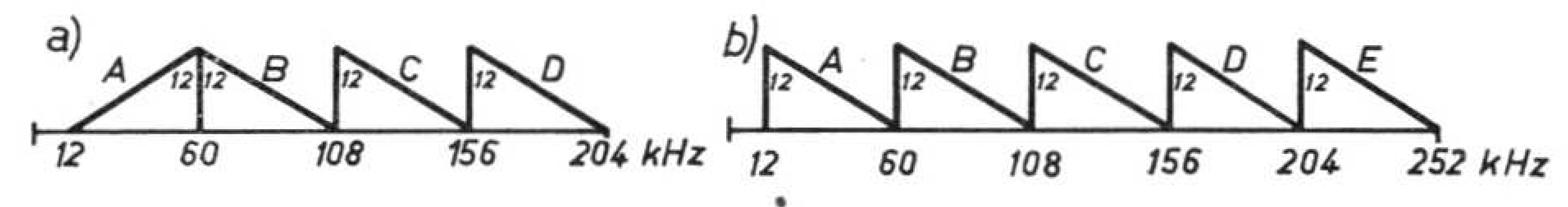
Die Kette der in einer internationalen Fernsprechverbindung zusammengeschalteten Leitungen kann kein breiteres Frequenzband übertragen, nicht geringeres Geräusch und praktisch auch nicht weniger Verzerrung aufweisen als das jeweils in dieser Beziehung schlechteste Glied. Daher können die Aufwendungen, mit denen eine Verwaltung die Übertragungsgüte einer internationalen Verbindung zu steigern sucht, vergeblich sein, wenn eine andere beteiligte Verwaltung an ihre Leitungen wesentlich geringere Anforderungen stellt. Ähnliches gilt auf dem Gebiet der internationalen Fernwahl für die Genauigkeit der Signale und für die Möglichkeit, daß verschiedene Wahlsysteme längs einer Verbindung sich gegenseitig stören. Auch bei den Gebühren besteht die Aufgabe, einen gerechten Ausgleich zwischen den Interessen aller beteiligten Verwaltungen zu schaffen. Auf allen Teilgebieten stellt sich also dem CCIF immer wieder die Grundaufgabe, durch seine Empfehlungen die Forderungen der Verwaltungen aneinander anzupassen.

Von jeher waren die Fragen, die sich auf die Übertragungsgüte beziehen, am zahlreichsten (3. Studienkommission, 3. St.K.). Beim Vergleich der ältesten Fragen auf diesem Gebiet, die sich z. B. auf die Zweidrahtverstärker bezogen, mit den heutigen Fragen, die Spezialprobleme der Koaxialleitungen mit mehr als tausend Gesprächen je Koaxialpaar, Aufgaben der Fernsehübertragung oder Richtfunkstrecken betreffen, erkennt man am deutlichsten den Fortschritt der Übertragungstechnik in den letzten Jahrzehnten, zu dem auch die CCIF-Arbeit beigetragen hat. Dieser Fortschritt hat dem Teilnehmer höhere Übertragungsgüte geliefert, und zwar unter Verringerung des wirtschaftlichen Aufwandes. Ferner aber sind dabei zwei Grundaufgaben gelöst worden, die sich nacheinander ergaben. In den ersten Jahren des CCIF stellte sich immer dringender die Aufgabe, mindestens innerhalb Europas die Grenzen für die Reichweite einer guten Fernsprechverbindung immer weiter hinauszuschieben. Heute ist diese Aufgabe nicht nur für die europäischen Entfernungen gelöst, vielmehr sind die technischen Kenngrößen der in den verschiedenen Erdteilen gebräuchlichen Fernsprechsysteme so aneinander angepaßt, daß ein Fernsprechen zwischen allen größeren Netzen der Erde möglich ist. In dem Maße aber, in dem

diese Aufgabe ihrer Lösung näher kam, trat eine neue in den Vordergrund. Nicht nur in den innerstaatlichen Netzen, sondern auch zwischen benachbarten Staaten ist die Zahl der zu einer flüssigen Verkehrsabwicklung notwendigen Verbindungen in den letzten Jahren außerordentlich schnell gewachsen. Darin kommt die immer enger werdende Verflechtung von Wirtschaft und Politik der Länder zum Ausdruck, aber auch das Bedürfnis, die Beziehungen immer mehr durch das schnelle und bequeme Mittel des Fernsprechers zu regeln. Die Trägerstromtechnik hat in den letzten Jahren, also gerade zur rechten Zeit, die großen Fortschritte gemacht, die eine Bereitstellung so hoher Leitungszahlen in einer Kabelanlage ermöglichen.

Entsprechend der überragenden Bedeutung der Trägerfrequenztechnik im Fernsprechweitverkehr bezieht sich der größte Teil der Übertragungsfragen auf diese Technik. Im Vordergrund stehen dabei die Fragen, die mit der Entwicklung der Trägerstromsysteme und mit den dazu gehörigen Kabeln selbst zusammenhängen. Die bisherige Entwicklung hat zu der Erkenntnis geführt, daß zwar auf mittlere und größere Entfernungen Trägersprechsysteme auf Kabeln mit koaxialen Paaren ein wenig billiger sind als auf Kabeln mit symmetrischen Paaren. Trotzdem sind in vielen Fällen die Kabel mit symmetrischen Paaren vorzuziehen, weil Schwierigkeiten bestehen, aus koaxialen Kabeln an verhältnismäßig vielen Stellen einzelne Gruppen von Kanälen herauszuholen und wieder andere einzuführen. Das CCIF hat sich daher nicht nur mit den technischen Einzelheiten beider Arten von Trägersprechsystemen zu beschäftigen, sondern auch mit der Frage, wie man Verbindungen in einfacher Art von einem System in das andere überführt. Die wichtigste Vereinbarung, die zum Zusammenarbeiten zweier Trägerfrequenzendstellen getroffen werden muß, betrifft die Kanalzahl und die Lage der Kanäle im Frequenzband. Vor dem Kriege wurden beim CCIF die Frequenzanordnungen für 12fach-Systeme auf symmetrischen Kabeldoppeladern und für die Vielbandsysteme auf Koaxialkabeln vereinbart. Bei Aufstellung dieser Frequenzpläne hatte man nicht in Rechnung gestellt, daß man dazu kommen würde, nicht nur 24fach-Systeme, sondern auch 48fach- und 60fach-Systeme auf symmetrischen Doppeladern zu betreiben. Tatsächlich gelang das aber in den letzten 10 Jahren. Dabei entwickelte sich der Frequenzplan für das 48fach-System, wie er vom CCIF empfohlen wird, aus dem Frequenzplan des 24fach-Systems, also im Grunde des 12fach-Systems. Die 12 Kanäle der A-Gruppe (12 . . . 60 kHz) werden in Regellage übertragen, die Nullfrequenz liegt also am unteren Ende jedes Kanals, während die Kanäle der Gruppen B, C und D umgekehrt, also in Kehrlage übertragen werden (Bild a, S. 117). Bei der Entwicklung des 60fach-Systems dagegen hat man berücksichtigt, daß die Übergruppen des Koaxialsystems ebenfalls je 60 Kanäle umfassen. Diese Kanäle liegen alle gleich. Daher wurde beim 60fach-System, wie es vom CCIF vorgeschlagen ist, die gleiche Kanallage vorgesehen (Bild b), damit eine gleichzeitige Umsetzung der 60 Kanäle in ein Vielbandsystem möglich ist, in dem sie eine Übergruppe bilden. Dadurch ist aber jetzt

das Problem entstanden, wie man Kanäle von 48fach-Systemen durchverbinden soll nach Ländern, in denen allgemein das 60fach-System in Benutzung ist, in denen also die A-Gruppe eine andere Frequenzlage hat. Bemerkt sei hier, daß die Frage für die deutschen 60fach-Systeme in



bezug auf die Nachbarländer mit 48fach-Systemen eine einfache Lösung dadurch gefunden hat, daß beim deutschen 60fach-System die A-Gruppe mit einfachen Maßnahmen umzukehren und damit an jede Anforderung anzupassen ist.

Die Übergruppen eines Koaxialsystems — bisher sind es nach der CCIF-Empfehlung 16 — sind übertragungstechnisch nicht gleichwertig. Außerdem unterscheiden sie sich in ihrer Verwendbarkeit auch dadurch, daß die beiden untersten Übergruppen am einfachsten aus dem Verbande herausgelöst und wieder neu eingeführt werden können. Es liegt ein Vorschlag zur Prüfung vor, der die untersten und obersten Übergruppen dem innerstaatlichen Verkehr zuteilen will; dabei würde, damit man die nötige Beweglichkeit erhält, sogar die 13. Übergruppe ganz auszufallen haben. Wenn etwa dadurch die Frage der Frequenzgruppierung auf dem Koaxialkabel von neuem allgemein aufgeworfen würde, so wäre auch noch ein anderer Vorschlag in Betracht zu ziehen, bei dem zwischen allen Übergruppen ein Abstand von 48 kHz vorgesehen ist, während jetzt die Abstände zwischen den höheren Übergruppen nur 8 kHz betragen; der neue Vorschlag, der aber beim CCIF noch nicht offiziell vorliegt, will also die Abzweigung einzelner Übergruppen wesentlich erleichtern.

Wenn für die Frequenzpläne die Notwendigkeit einer internationalen Vereinbarung besonders einleuchtend ist, so gibt es doch auf dem Gebiet der Trägerfrequenztechnik auch eine Fülle von Einzelheiten, die zwar nicht das Wesen der Systeme berühren, aber international einheitlich geregelt werden müssen. So sind gerade für die 48fach- und die 60fach-Systeme viele Kenngrößen noch nicht vereinbart. Es ist aber zu wünschen, daß das CCIF auch für diese Systeme ebenso wie für die Systeme mit weniger Kanälen und für die Vielbandsysteme Empfehlungen herausgibt und Musterpflichtenhefte für die Kabelanlagen, Endeinrichtungen und Verstärker von 48fach- und 60fach-Systemen aufstellt, damit die Anlagen der einzelnen Länder zueinander passen. Ferner hat sich gezeigt, daß die Ausnutzung älterer Kabellinien durch Einrichtung von Trägersprechverbindungen mit etwa 12 Kanälen nach Entspulung gut möglich ist. Die beiden Sprechrichtungen werden dann auf derselben oder auf benachbarten Doppeladern, aber jedenfalls in verschiedenen Frequenzbereichen übertragen. Für solche Systeme müssen ebenfalls die wichtigsten Eigenschaften, besonders aber die zu benut-

zende Frequenzanordnung vom CCIF in einer Empfehlung international festgelegt werden.

Steht die Frequenzanordnung eines Systemes fest, so kommt man bei dem Bemühen, den Frequenzbereich möglichst gut auszunutzen, sehr bald zu dem Vorschlag, die Zwischenräume zwischen den Sprechkanälen zur Zeichenübertragung zu verwenden. Das bedeutet aber erhöhte Anforderung an die Filter. Wenn man hier bei der Planung nicht einheitlich vorgeht, so kann es dahin kommen, daß keines der vorgesehenen Verfahren international benutzt werden kann. Zur Zeit liegt beim Koaxialsystem zwischen den Sprechkanälen eine Reihe von Pegeltönen (s. u.); außerdem werden bei einem Koaxialsystem der französischen Verwaltung Wahlzeichen zwischen den Kanälen übertragen. Man wird jedenfalls zu einer Festlegung der Dämpfungsverhältnisse in den Zwischenräumen kommen müsen. Zur Übertragung der beiden Sprechrichtungen auf dem gleichen Frequenzbande werden die koaxialen Paare häufig in demselben Kabel untergebracht. Es ergibt sich dann die Möglichkeit einer gegenseitigen Beeinflussung, namentlich bei den niedrigeren Frequenzen. Auch ist eine solche Beeinflussung in den Verstärkerämtern möglich. Wenn auf den Kanälen gleicher Frequenz nur Hin- und Rückrichtung eines und desselben Gesprächs liegen, ist das Nahnebensprechen, das entstehen könnte, nicht sehr zu fürchten. Bedenklich aber werden die Verhältnisse, wenn zweimal zwei Koaxialpaare in einem Kabel vereinigt sind, so daß ein Nahübersprechen von einem Gespräch auf ein fremdes stattfinden kann, oder wenn eine gegenseitige Beeinflussung von Fernsehübertragungen oder Rundfunkübertragungen verschiedener Richtung oder eine Beeinflussung zwischen diesen und Ferngesprächen stattfindet. Zwar ist es bis jetzt in der Praxis gut gelungen, diese Schwierigkeiten zu bewältigen, aber in dem Bestreben, die Aufwendungen dafür nicht übermäßig groß zu machen, muß man feststellen, welche Grenzen tatsächlich eingehalten werden müssen. Auch hier ist internationale Verständigung nötig.

Bei den Trägerfrequenzsystemen liefert die längs der Leitung (auf gleichen Pegel bezogene) anwachsende Geräuschleistung eine von der Ausführung der Systemteile abhängige, errechenbare Begrenzung für die Länge der Verbindung. Beim CCIF hat man eine Reichweite von 2500 km für die internationalen Verbindungen vereinbart. Hiernach kann man den Teilstrecken in den einzelnen Ländern oder den einzelnen im Zuge der Verbindung liegenden Trägerfrequenzsystemen Höchstbeträge der Geräuschleistung zuteilen. Es liegt nahe, daß die Konstrukteure der einzelnen technischen Teile eines Systems (Endsätze, Verstärker, Stromversorgungsanlagen), um diese Teile billig herstellen zu können, einen möglichst großen Beitrag der insgesamt zulässigen Geräuschleistung für ihren einzelnen Teil in Anspruch nehmen möchten. Hier muß ein vernünftiger Ausgleich gesucht werden. Es interessiert dabei die Frage, wie der einzelne Verstärker dimensioniert werden muß, damit die Gesamtbedingung für die Strecke eingehalten wird. Die Geräuschleistungen der einzelnen Verstärker addieren sich durchaus nicht ohne weiteres

algebraisch. Vielmehr muß man für gewisse Arten der nichtlinearen Verzerrung mit einer Addition der Spannungskomponenten in benachbarten Verstärkern rechnen. Es wäre daher von großem Interesse, auf die Frage eine zuverlässige Antwort zu bekommen, wie man aus der nichtlinearen Verzerrung eines einzelnen Verstärkers auf die nichtlineare Verzerrung einer Strecke von 2500 km schließen kann. Die tatsächliche Beeinflussung eines Kanals durch andere infolge nichtlinearer Verzerrung hängt übrigens stark von der Art der Belegung der störenden Kanäle ab, die im praktischen Betrieb aus Sprache und Rufzeichen besteht. Die Verwendung einfacher Meßtöne wird jedenfalls zu Ergebnissen führen, aus denen sich die tatsächlichen Verhältnisse in der Praxis nicht leicht ableiten lassen. Man hat daher neuerdings die Frage aufgeworfen, ob man nicht die Messung mit einem Geräusch durchführen soll, dessen Energiegehalt für alle in Betracht kommenden Frequenzen gleich ist.

Die nach den höchstzulässigen Werten der Geräusche erreichbare Reichweite der Systeme läßt sich nur aufrecht erhalten, wenn die Pegelschwankungen in engen Grenzen bleiben. Daher hat man beim CCIF bestimmte Frequenzen als Pegeltöne, „Pilottöne", für internationale Trägerfrequenzverbindungen vorgesehen. Schwankungen ihres Pegels während des Betriebes sollen zu einer Nachregelung des Pegels längs der Strecke führen. Für diese Pilottöne müssen die absoluten Pegel noch bestimmt werden. Es bleibt ferner zu untersuchen, wie man bei Verzweigung von Strecken mit diesen Pilottönen verfahren soll und ob die Regelung mittels der Pilottöne ausreicht oder ob noch eine weitere Regelung für sehr lange Strecken vorgesehen werden muß. Es liegt nahe, diese Pegeltöne auch zur Vergleichung der Trägerfrequenzen an den Enden einer Verbindung heranzuziehen. Doch bedürfen auch diese Möglichkeit und gegebenenfalls die Art ihrer Durchführung noch einer näheren Untersuchung. Überhaupt werden die Unterhaltungsanforderungen bei einem längeren Leitungszug sich in der Praxis noch auszubilden haben. Immerhin hat das CCIF schon jetzt seine Aufmerksamkeit auf die hier entstehenden Notwendigkeiten gerichtet. Die Zuverlässigkeit der Nachrichtenübermittlung auf Kabeln mit hohen Kanalzahlen wird auch berührt durch die Frage, wieviel unbemannte Verstärkerstationen man zwischen zwei bemannten höchstens einrichten soll. Schließlich sei bei den Fragen über Trägerfrequenzsysteme noch erwähnt, daß der Frequenzplan für Dreifachsysteme auf Freileitungen festgelegt werden soll.

Bei der Behandlung der Fernsehübertragung auf Koaxialkabeln steht das CCIF insofern vor besonderen Schwierigkeiten, als die Anforderungen, die man an das übertragene Fernsehbild stellen muß, noch nicht genau zu definieren sind. Es sind dabei physiologische und auch psychologische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Dem CCIF blieb nach Anfrage beim CCIR nur übrig, diejenigen Lösungen für die Fernsehübertragung ins Auge zu fassen, die mit wirtschaftlich einigermaßen ertragbarem Aufwand die besten Übertragungen ergeben. Dabei wird zunächst nur die Übertragung auf dem vom CCIF empfohlenen Koaxialkabel (2,5/9,4 mm) angenommen. Eine wichtige Rolle spielen bei den Anfor-

derungen an den gesamten Fernsehübertragungskreis die Einschwingvorgänge. Hierauf und auf die Verzerrung von regelmäßigen Fernsehzeichen in einer 1000 km langen Leitung beziehen sich daher die Fragen. Wegen der Gefährlichkeit von doppelten Reflexionen auf Fernsehleitungen kommt es auf einen sehr regelmäßigen Wellenwiderstand der Leitung und auf gute Anpassung der Verstärker an. Hier sollen die Anforderungen genau bestimmt werden. Man hofft zu einem Pflichtenheft für eine Fernsehleitung von 1000 km Länge zu kommen.

Mit der Ausdehnung des Fernsprechens auf Funkübertragungswege wurden auch Fragen aus diesem Gebiet an das CCIF herangetragen. Es ergab sich die Notwendigkeit, die Zuständigkeit gegenüber dem CCIR abzugrenzen. Das ist bei den letzten Vollversammlungen 1951 geschehen. Hiernach hat das CCIF weiterhin die Fragen zu bearbeiten, welche Übertragungsnormen für Interkontinentalgespräche auf dem Funkwege zu gelten haben, und besonders, welche Geräusche man bei solchen Verbindungen als zulässig erachten will. Ferner liegt beim CCIF eine Reihe von Fragen vor, die sich auf Richtfunkverbindungen, also Verbindungen mit Ultrakurzwellen oder Dezimeterwellen über eine Reihe von Relaisstationen beziehen. Hierbei ist wichtig, daß die Gliederung der Funkkanäle, wenn möglich, der Gliederung der Kanäle in den gebräuchlichen Trägerfrequenzsystemen angepaßt wird. Damit verknüpft ist die Frage nach den am besten geeigneten Modulationsverfahren und nach den Möglichkeiten der Verzweigung von Strecken. Nimmt man Impulszeitmodulation an, so muß man das Nebensprechen, wie eine neue Frage darlegt, auch von der Möglichkeit her betrachten, daß die im gestörten Kanal auftretende störende Leistung nicht nur von der Leistung im störenden Kanal, sondern auch von der Nutzleistung im gestörten Kanal abhängt. Die Fragen der Dienst- und Signalleitungen, besonders für unbemannte Relaisstationen, harren noch der einheitlichen Lösung, und auch die Möglichkeiten der Stromversorgung will das CCIF untersuchen. Schließlich bedarf es einer grundsätzlichen Untersuchung und Empfehlung darüber, welche Verzerrungen man bei Verwendung der Impulsmodulation hinnehmen muß, Verzerrungen, die unvermeidlich sind, wenn die Sprechströme nicht nach ihrem stetigen Verlauf, sondern zeitlich gequantelt übertragen werden.

Da sich die Telegraphie im europäischen Netz ganz überwiegend der WT-Kanäle bedient, die auf Fernsprechleitungen eingerichtet werden, bestehen hier manche Berührungspunkte zwischen den Aufgaben des CCIF und des CCIT. Die Telegraphie stellt bestimmte Forderungen an die Leitungseigenschaften, und es ist Sache der Fernsprechseite, die Forderungen zu erfüllen. Häufig ist dabei ein Aushandeln nötig. Die Restdämpfungsschwankungen, die auf den Fernsprechleitungen zu beobachten sind, werden schon aus Gründen der Zuverlässigkeit des Fernsprechbetriebes bekämpft. Aber auch die Telegraphie dringt darauf, daß die Gründe dieser Restdämpfungsschwankungen erforscht und Gegenmaßnahmen getroffen werden. Wesentlich empfindlicher als ein Gespräch ist aber das Telegramm auf einem WT-Kanal gegen kurzzeitige Lei-

tungsunterbrechungen, wie sie aus verschiedenen Ursachen immer wieder vorkommen. Eine besondere Frage ist dabei, wie man die Unterbrechungen von geringerer Dauer als 1 Sekunde beseitigen kann, die vorkommen, wenn beim Ausfall der Regelstromversorgung eines Verstärkeramtes auf eine Netzersatzanlage umgeschaltet wird. Ferner würde die Telegraphieverzerrung und damit die Unsicherheit der Übermittlung für den untersten und obersten WT-Kanal verringert werden, wenn das Toleranzschema für die Dämpfungsverzerrungen der Fernsprechleitungen, auf denen WT-Kanäle liegen, zwischen 360 und 500 Hz und zwischen 3000 und 3240 Hz etwas eingeengt werden könnte. Schließlich soll das CCIF auch untersuchen, ob statt der bisher auf Leitungen für die Bildtelegraphie verwendeten Amplitudenmodulation in bestimmten Fällen auch das im Funkdienst vorgesehene Verfahren mit Frequenzmodulation befriedigend arbeiten kann.

Die Güte einer Fernsprechverbindung hängt stark vom Leitungsgeräusch ab. Deshalb hat sich das CCIF seit langem immer wieder mit diesen Geräuscheinflüssen beschäftigt. Mit der fortschreitenden Technik haben sich die Fragen und die Antworten auf diesem schwierigen Gebiet gewandelt, aber eine endgültige Regelung aller Fragen ist noch nicht abzusehen. An zahlreichen Stellen einer internationalen Fernsprechverbindung, in Ämtern und längs der Leitungsstrecke, kann Geräuschleistung auf eine Verbindung einfallen. Die Geräuschbegrenzung ist daher nicht nur in der Trägerfrequenztechnik eine der wichtigsten Aufgaben der Übertragungstechnik. Beim gegenwärtigen Stande hat die Kommission für Übertragungsfragen die Aufgabe, festzustellen, mit welchen Arten von Geräuscheinflüssen man bei den Untersuchungen rechnen soll. Da bei den Geräuschuntersuchungen stark subjektive Einflüsse hineinspielen, ist es schwierig, zu objektiven Meßverfahren zu kommen und diese immer mehr zu verbessern. Zur Zeit wird die Geräuschbewertungskurve für Rundfunkübertragungsleitungen überprüft. Es ist dies die Kurve, die der Ohrempfindlichkeit Rechnung trägt und zur Umrechnung der objektiven Störspannung in die Geräuschspannung dient und die bei einem entsprechenden Meßgerät als Filterkurve vorzuschreiben ist. (Die Kurve für Fernsprechleitungen ist vor einiger Zeit neu festgelegt worden.)

Eine weitere Studienkommission, die sich mit der Übertragungsgüte zu beschäftigen hat (4. St. K.), soll besonders die Fragen der Messung der Übertragungsgüte, der Fernsprechakustik und der Apparateigenschaften bearbeiten. Während man seit langem die Fernsprechübertragungsgüte durch die Angabe der Bezugsdämpfung gekennzeichnet hatte, d. h. nach einem Vergleich der Lautstärke, die der hörende Teilnehmer wahrnimmt, ist man seit einigen Jahren mehr und mehr dazu übergegangen, die Ersatzdämpfung als Maß der Übertragungsgüte zu verwenden. Das ist die Dämpfung, die zusätzlich in ein Bezugssystem eingeschaltet werden muß, damit man auf dieselbe Silbenverständlichkeit wie bei dem zu untersuchenden System kommt, und zwar werden bei der Untersuchung von Fernsprechapparaten die Einflußgrößen so

eingestellt, daß sich eine Silbenverständlichkeit von 80 v. H. ergibt. Beim CCIF wird diese Ersatzdämpfung affaiblissement équivalent de netteté (AEN) genannt und mit einer im CCIF-Laboratorium aufgestellten Apparatur gemessen (Appareil de Référence pour la détermination des Affaiblissements Equivalents de Netteté, ARAEN). Der Übergang von einem zum anderen System der Bestimmung der Übertragungsgüte wirft natürlich eine Reihe von Fragen auf, die z. T. nur nach längerer Untersuchung und eingehenden Messungen der Silbenverständlichkeit zu lösen sind. Daher befassen sich auch mehrere Fragen mit den einzelnen Seiten dieses Problems. Besonders interessant wäre es, wenn man eine Methode finden könnte, mit der man einen Übertragungsindex aus objektiven Messungen der einzelnen physikalischen Eigenschaften einer Verbindung zu bestimmen vermöchte. Auch die Höchstwerte für die Dämpfungen der innerstaatlichen Sende- und Empfangssysteme, d. h. der Strecken vom Teilnehmer bis zum Beginn der internationalen Leitung, bedürfen einer neuen Festlegung, weil sich die Werte durch Einführung neuer Apparate in der Praxis merklich geändert haben. Bei allen diesen Untersuchungen kann die Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren bei der Auswertung die Genauigkeit der Ergebnisse erhöhen. Deshalb hat das CCIF auch diesen Verfahren seine Aufmerksamkeit zugewendet. Alle diese Fragen werden auch bei den Arbeiten des CCIF-Laboratoriums von diesem selbst in Betracht gezogen.

Eine große Gruppe von Fragen bezieht sich auf den Einfluß von Geräuschen auf die Übertragungsgüte. Noch immer ist es nicht gelungen, die Minderung der Übertragungsgüte durch die verschiedenen Arten von Geräuschen in einer allgemeinen, einfachen Beziehung darzustellen. Mit einer erfolgreichen Beantwortung dieser Frage wäre ein wesentlicher Schritt getan, um den zulässigen Höchstwert für die Stärke von Geräuschen in den Verbindungen endgültig festzusetzen. Weitere Untersuchungen sind daher vorgesehen. Dabei treten manche Sonderfragen auf, z. B. die, ob man für bestimmte Geräuscharten gewisse Korrekturen an der Anzeige des Geräuschspannungsmessers anbringen soll, um auf eine subjektiv richtige Anzeige zu kommen. Auch die Raumgeräuschmessung bedarf noch der Untersuchung.

Einen unmittelbaren Einfluß auf die Entwicklung der Fernsprechtechnik haben die Untersuchungen der Fernsprechapparate. Man bemüht sich darum, zu objektiven Meßverfahren zu kommen, indem man durch die Festlegung der Eigenschaften des künstlichen Ohres und durch die Bestimmung der Energieverteilung der Sprachlaute zu einem einheitlich vereinbarten Abschluß der Apparate und zu einheitlichen Versuchsbedingungen kommt. Schwierigkeiten macht auch die Bestimmung der verhältnismäßig großen nichtlinearen Verzerrung der Mikrophone. Ein von K. Braun entwickeltes Verfahren scheint hier vorwärts zu weisen und soll im Rahmen der CCIF-Arbeiten geprüft werden. Außerdem bedarf auch die Einrichtung des CCIF-Laboratoriums einer Be-

treuung durch die zuständige Kommission, die dabei den Apparatbedarf prüft.

Es ist schon darauf hingewiesen worden, welch große Bedeutung das Leitungsgeräusch hat. Da nun ein wesentlicher Anteil dieser Geräusche häufig durch Beeinflussung aus Starkstromleitungen übertragen wird, die den Fernsprechleitungen benachbart sind, hat das CCIF (1. St. K.) sich schon früh der Frage zugewandt, wie sich diese Beeinflussung gering halten läßt. Auch die Gefährdung von Personal und Fernmeldeeinrichtungen, die sich aus der Nachbarschaft der Anlagen ergibt, machte einen internationalen Erfahrungsaustausch im Rahmen des CCIF ratsam. Aus diesen Arbeiten sind schon 1937/38 die „Leitsätze zum Schutze der Fernmeldeleitungen" hervorgegangen. Neue Erkenntnisse und Verfahren machen Änderungen erforderlich. Das CCIF betrachtet es daher als seine ständige Aufgabe, sowohl durch Untersuchung der Einzelprobleme als auch durch redaktionelle Arbeiten für eine Neuauflage der Leitsätze den Verwaltungen und interessierten Starkstromunternehmen die Kenntnis der neueren Entwicklung zu erleichtern. Es wird hierbei durch die CMI unterstützt. Ein Neudruck der Leitsätze soll Anfang 1953 erscheinen.

Die entscheidende CCIF-Frage über die Beeinflussung durch Geräusch auf Starkstromleitungen ist die, welcher Anteil des als noch zulässig anzusehenden Leitungsgeräuschs einer internationalen Verbindung auf die von der Starkstrombeeinflussung herrührenden Geräusche entfallen darf. Diese Frage beschäftigt das CCIF schon sehr lange, ohne daß es zu einer endgültigen Lösung gekommen wäre. Indessen haben sich die Anschauungen darüber doch allmählich gewandelt, und man kann deutliche Fortschritte bei der Behandlung feststellen. Ursprünglich ging man davon aus, daß das Auftreten eines Geräusches in der Leitung ein Fehler sei, und daß man die Wirkung eines solchen Fehlers in angemessenen Grenzen halten müsse. Man unterstellte, daß solche Fehler, wenigstens soweit sie in ihrer Größe sich der gegebenen Begrenzung nähern, in einer Leitung höchstens einmal vorkommen. Man wendete also nichts dagegen ein, wenn bei Starkstrombeeinflussung schon von einer Näherung die gesamte zulässige Geräuschspannung in einer Leitung erzeugt wurde. Allmählich erkannte man aber mit der Verdichtung der Netze, daß man durchaus mit einer Häufung von Beeinflussungen in einer Verbindung rechnen müsse, zumal ja die Höchstlänge der Verbindungen beständig zunahm. Schließlich berechneten die Fernmeldeingenieure auch die Geräuschleistung je Kilometer, die längs ihrer Anlagen in diesen selbst entsteht, wenn man den wirtschaftlichen Aufwand von Trägerfrequenzsystemen in vernünftigen Grenzen halten will. Daraus ergibt sich nun für die Starkstrombeeinflussung eindeutig, daß von dem zulässigen Gesamtgeräusch nur ein Bruchteil für die Starkstrombeeinflussung in Anspruch genommen werden darf; ferner muß, weil ja die einzelne Beeinflussungsstrecke aus wirtschaftlichen Gründen mit nicht mehr Schutzmaßnahmen versehen wird, als zur Einhaltung der gegebenen Grenzen nötig ist, mit der Addition der für den Einzelfall

gesetzten Höchstwerte gerechnet werden. Es ergibt sich am Ende dieser Gedankenreihe also eine beträchtliche Beschränkung der zulässigen Starkstrombeeinflussung im Vergleich zur früheren Praxis. Wegen der dadurch entstehenden Kosten wird es nicht leicht sein, die Zustimmung der Starkstromseite zu allen Folgerungen zu erreichen. Jedenfalls wird man, ehe man hierzu kommt, noch zu untersuchen haben, ob die Werte der zulässigen Geräuschspannung für die Gesamtverbindung vielleicht noch heraufgesetzt werden könnten, wenn man bestimmte Arten von Geräuschen besonders berücksichtigt und wenn man überprüft, ob die jetzigen Werte in einer angemessenen Beziehung zu der Minderung der Übertragungsgüte durch die üblichen Raumgeräusche stehen. Man erkennt jedenfalls, daß hier das CCIF im Benehmen mit der CMI Entscheidungen von großer wirtschaftlicher Tragweite zu treffen haben wird.

Inzwischen bleibt aber auch eine Fülle von Einzelfragen zu bearbeiten. Zwar liegen die grundsätzlich geltenden Formeln für die Beeinflussung von parallel geführten Leitungen schon seit langem fest. Die neueren Untersuchungen in Theorie und Praxis, namentlich auch die statistische Auswertung von Meßergebnissen, führen aber immer wieder zu Verbesserungen der anzuwendenden Berechnungsverfahren. So stehen jetzt z. B. Fragen zur Untersuchung über die Anwendung einer verbesserten Formel für die gegenseitige Induktivität zweier Leitungen mit Erdrückleitung und über das Studium der Störspannung und des Fernsprechformfaktors von Hochspannungsnetzen. Statistische Untersuchungen über die anzunehmenden Werte des Empfindlichkeitsbeiwertes und Studien über eine zweckmäßige Kennzeichnung der Unsymmetrie von Teilnehmer- oder Amtseinrichtungen sollen ermöglichen, genauere Rechnungsunterlagen zu erhalten. Die Berechnungen über die Gefährdung der Fernmeldeanlagen bedürfen einer Nachprüfung. Besonders die Gefährdung durch Influenz bei Kurzschlüssen in der Hochspannungsanlage soll auf Grund neuerer Erkenntnisse gründlich untersucht werden. Auch die Berechnungen über die Gefährdung durch Kurzschlüsse in Gleichstrombahnanlagen gehören zu den Gegenständen der Bearbeitung. Schließlich wirft die Debatte über die Errichtung von Gleichstrom-Höchstspannungsanlagen zur Energieübertragung auf größte Entfernungen ganz neue Probleme auf, mit deren Untersuchung das CCIF rechtzeitig begonnen hat.

Neben der Verfeinerung und Vervollständigung der Berechnungsgrundlagen verdient die Ausbildung der Schutzmaßnahmen selbst das ständige Interesse des CCIF. Die Notwendigkeit, nicht nur die Fernmeldeanlagen, sondern auch das daran arbeitende Personal zu schützen, führt wegen der Möglichkeit von Kurzschlüssen in den Hochspannungsanlagen zu ernsten Fragen, bei deren Lösung die Interessengegensätze von Starkstrom- und Fernmeldeseite sich deutlich geltend machen. Günstiger steht es um den Schutz des Fernsprechbetriebspersonals gegen Knallgeräusche, wie sie infolge Beeinflussung bei Kurzschlüssen auftreten; und zwar zeichnet sich die im einzelnen vom CCIF noch zu erörternde, befriedigende Lösung ab durch Gehörschutzgeräte, die

Gleichrichterzellen enthalten und als zuverlässige Amplitudenbegrenzer wirken.

Ein weiteres Gebiet, das vom CCIF (2. St. K.) zusammen mit der CMI bearbeitet wird, ist der Schutz der unterirdischen Leitungsanlagen gegen K o r r o s i o n. An diesen Arbeiten sind auch die Gas- und Wasserfachleute interessiert und beteiligt. Während anfangs die chemische Korrosion im Vordergrund stand, zeigte sich bald ein zunehmendes Interesse für die elektrolytische Korrosion, die aus Gleichstrombahnanlagen herrührte. Das CCIF hat dementsprechend zunächst „Empfehlungen über den Schutz von Kabeln gegen die Korrosion" veröffentlicht und ist in ständiger Fortführung der Arbeiten durch Berichtigung und Überarbeitung nach den neusten Studienergebnissen begriffen. Es wird aber weiter in den nächsten Monaten eine Broschüre „Empfehlungen für den Schutz von Kabelanlagen gegen die Einwirkung von Streuströmen elektrischer Bahnen" veröffentlichen und auch auf diesem Gebiete die Arbeiten ständig fortsetzen. Die Messungen sind hierbei schwierig, und gerade in letzter Zeit sind neue Einzelheiten für gewisse Meßverfahren vorgeschlagen worden, die das CCIF näher untersuchen will. Ferner sollen auch schon Ermittlungen über die möglichen Korrosionswirkungen angestellt werden, die von Gleichstrom-Höchstspannungsübertragungen mit Erdrückleitung ausgehen könnten. Ein Fragenkomplex von großer wirtschaftlicher Bedeutung betrifft die Kabelmäntel selbst. Die Fachleute beschäftigen sich schon seit mehr als 10 Jahren lebhaft damit, einen voll ausreichenden Ersatz für das Blei als Stoff der Kabelmäntel zu finden. Viele Ersatzstoffe sind versucht worden, Metalle und Kunststoffe oder auch die Kombination beider. Die noch immer schnell fortschreitende Chemie der Kunststoffe bietet immer wieder neue Lösungsmöglichkeiten. Die ungewöhnlich starke Preissteigerung des Bleis hat den Arbeiten an diesem Aufgabenkomplex einen starken Impuls gegeben. Daher werden die Beiträge der Verwaltungen und die Veröffentlichungen auf diesem Gebiet mit besonderem Interesse beim CCIF erörtert. Daneben widmet man sich auch der Prüfung von Verfahren, einen Mangel des Bleis, seine interkristalline Brüchigkeit, durch Zusätze oder andere Verfahren zu beseitigen oder wenigstens die Bedingungen für die Größe dieser Gefährdung festzulegen. Wertvoll ist ferner die Zusammenarbeit im CCIF zur Ermittlung der Bedingungen, unter denen mit einer großen Blitzgefährdung von Kabeln oder mit hoher Sicherheit gegen Blitzschlag zu rechnen ist. Schließlich arbeitet man auch zusammen, um die in letzter Zeit von einigen Verwaltungen verwendeten Verfahren zur ständigen Kabelüberprüfung und zur Eingrenzung von Mantelfehlern mit Druckluft oder -gas zu prüfen und weiter zu entwickeln. Bei der Fehlereingrenzung versuchen einige Verwaltungen, durch Zusatz von radioaktivem Gas zu dem Druckgas und anschließende Beobachtung des Strömens des radioaktiven Gases und seines Entweichens mit einem Geigerzähler die Fehlereingrenzung von Kabeln mit hohen Kanalzahlen zu verbessern,

so daß der Fehler in vielen Fällen nicht mehr zu einer Betriebsunterbrechung führt.

Während die Erörterungen über die Einführung der internationalen Fernwahl vor dem Kriege im wesentlichen bei der verschiedenen innerstaatlichen Entwicklung die Wege für eine spätere internationale Fernwahl offen halten wollten, sind nach dem Kriege bedeutende Fortschritte zu dieser internationalen Fernwahl hin gemacht worden (8. St. K.). In allen Fällen handelt es sich allerdings nicht um eine Fernwahl von Teilnehmer zu Teilnehmer, sondern um eine Fernwahl von der Beamtin des Abgangslandes zum Teilnehmer des Ankunftslandes. Die Schwierigkeiten der Rechnungslegung und auch in vielen Fällen die Sprachenschwierigkeiten lassen es mindestens verfrüht erscheinen, dem Teilnehmer die Möglichkeiten zu geben, nach Belieben internationale Leitungen zu belegen. Für die Beamtinnenfernwahl aber hat man beim CCIF weitgehende Vorarbeiten durchgeführt. Tatsächlich besteht eine solche Fernwahl im internationalen Dienst schon zwischen einer Reihe von Großstädten. Das Ziel der CCIF-Arbeiten aber ist es, ein Fernwahlnetz zu schaffen, das sich in möglichst weiten Teilen Europas auch die Ausläufer der nationalen Netze eingliedert. In der Erkenntnis, daß die Einzelheiten hierfür nicht am grünen Tisch ausgearbeitet werden können, hat man zwei Versuchsnetze geschaffen, eines zwischen den skandinavischen Ländern, eines in Westeuropa. Hier sollen alle Fragen praktisch geprüft und danach erforderlichenfalls durch Beratungen im CCIF gelöst werden. Die ersten Verbindungen dieser Versuchsnetze sind unlängst in Betrieb gekommen. Vor ausgedehnter Einführung der Fernwahl muß auch die Verteilung von Kennzahlen im europäischen Rahmen vorgenommen werden. Besonders sorgfältig muß das CCIF die Forderung behandeln, daß die verschiedenen Fernwahlsysteme der einzelnen Länder weder das zu vereinbarende internationale System noch die Systeme der anderen Länder stören oder von ihnen gestört werden dürfen. Eine weitere schwierige Untersuchung ergibt sich aus der Frage, wie die Leitungsbündel bemessen werden sollen. Die Lösung wird wesentlich davon abhängen, ob man für den Fall des Besetztseins der unmittelbaren Wege die Benutzung von Umwegen durch andere Länder vorsehen will. Solange allerdings jedes einzelne Gespräch abgerechnet wird, werden dadurch komplizierte Verrechnungsprobleme aufgeworfen. Ferner müssen natürlich auch alle die Fragen für ein internationales System beim CCIF erörtert werden, die bei den nationalen Wahlsystemen eine Rolle spielen, z. B. die der Bekämpfung der Kontaktstörungen, Eingrenzungsmöglichkeiten für Fehler, Unterhaltungsmessungen. Hier ergibt sich ein weiteres Feld der Tätigkeit für die zuständigen Kommissionen des CCIF, wobei sich die Fragen in dem Maße dringender gestalten werden, wie nach den Ergebnissen in den Versuchsnetzen die Öffentlichkeit auf eine Erweiterung des internationalen Fernwahlverkehrs drängt und auf der Leitungsseite die großen Kanalzahlen der modernen Trägerfrequenzsysteme entsprechende Möglichkeiten bieten.

Daß diese Leitungen in Europa nach einer vernünftigen Planung

möglichst bald zur Verfügung stehen, darum bemüht sich das CCIF in seinem Netzplanausschuß, der nicht nur die Anforderungen an das europäische Netz von der technischen Seite her zusammenstellt, sondern auch die Planungen der für den internationalen Verkehr wichtigen Strecken im Auge behält und zu entsprechenden Beratungen zwischen den Verwaltungen Gelegenheit gibt. Seit einigen Jahren hat dieser Ausschuß seine Tätigkeit auf das Mittelmeerbecken ausgedehnt. Die Länder am südlichen und östlichen Rand des Mittelmeeres sollen in möglichst gut geeigneter Weise an das europäische Fernsprechnetz angeschlossen werden. Hierzu kommen in erster Linie Richtfunkverbindungen über die Inseln des Mittelmeeres in Betracht. Einige solcher Verbindungen sind schon im Bau, z. B. zwischen Frankreich und Tunis. Ein lebhafter Erfahrungsaustausch über derartige Verbindungen kann Versuche und Mißerfolge sparen. Daher finden diese Erörterungen bei der Netzplankommission des CCIF besonderes Interesse. Daneben bleibt immer noch die Frage offen, ob für die kontinentalen Strecken anstatt der Fernkabellinien oder neben diesen auf lange Sicht Richtfunkverbindungen vorgesehen werden sollen.

Die Kommissionen für Betriebsfragen (6. St. K.) und für Gebührenfragen (7. St. K.) arbeiten in der Regel vereinigt an der gemeinsam aufgestellten Fragenliste. Sie beschäftigen sich mit einer Reihe von Einzelfragen der Betriebsregelung, die zwar für einen zuverlässigen internationalen Dienst unerläßlich ist, aber hier nicht erörtert werden soll. Erwähnt sei die Frage, ob und zutreffendenfalls wie das Ankunftsland in einer internationalen Fernwahlverbindung die Möglichkeit haben soll, sich Unterlagen für die Nachprüfung der Gebührenaufstellung zu beschaffen. Auch die Benutzung von automatisch arbeitenden Aufzeichnungsgeräten, die bei Abwesenheit des Angerufenen den Anrufer auffordern, sein Anliegen zur Aufzeichnung durchzusagen, bedarf wegen der Sprachenfrage und der Gebührenregelung einer Behandlung im CCIF. Beachtlich ist im übrigen, daß das CCIF auch die Betriebsbedingungen im interkontinentalen Verkehr erörtert und durch Empfehlungen auf diesem Gebiet eine einheitliche Regelung fördert, während die vom Internationalen Fernmeldeverein herausgegebene Vollzugsordnung für den Fernsprechdienst ihre Geltung auf den europäischen Vorschriftenbereich beschränkt.

Eine Empfehlung für die Höhe der Gebührensätze im internationalen Fernsprechdienst hat das CCIF schon vor vielen Jahren herausgegeben. Die empfohlenen Gebührensätze (in Goldfrank) waren auf Grund von Selbstkostenberechnungen der Verwaltungen vereinbart worden. Preisänderungen und technische Entwicklung, besonders der Fortschritt in der Übertragungstechnik, ändern die Kosten der Übertragungswege und der Vermittlungsstellen ständig. Das CCIF muß daher von Zeit zu Zeit die Empfehlung für die Höhe der Gebührensätze überprüfen. Unter Berücksichtigung der Trägerfrequenztechnik für Kabel mit symmetrischen Paaren hat das zu einer Ergänzung der Empfehlung im Jahre 1949 geführt. Danach sollen bei der zunehmenden Verwen-

dung der modernen Leitungen die auf die Leitungstrecke entfallenden Bestandteile der Gebühren in 2 zeitlich einander folgenden Stufen stark gesenkt, die auf die Fernämter entfallenden Bestandteile etwas erhöht werden. Das CCIF ist nun dabei, zu prüfen, ob die Selbstkosten von Leitungen in Koaxialkabeln etwa die gleiche Größe wie in Kabeln mit symmetrischen Paaren haben. Hierfür hat das CCIF einen Fragebogen zur einheitlichen Bestimmung der Selbstkosten durch die Verwaltungen entworfen. Vermutlich fällt der Unterschied zwischen den Kosten bei Verwendung von symmetrischen Paaren und denen bei Verwendung von Koaxialpaaren nicht sehr ins Gewicht, und die bisherige Tarifempfehlung kann beibehalten werden. Darüber hinaus beschäftigt sich das CCIF mit der Frage, wie der Tarif bei Benutzung internationaler Richtfunkverbindungen gebildet werden soll. Auch zur einheitlichen Bestimmung der Selbstkosten dieser Verbindungen hat das CCIF einen Fragebogen entworfen. Nun entstehen bei den Richtfunkverbindungen die Kosten nur auf den Stationen, die recht unterschiedliche Abstände haben werden, nicht überall längs der Strecke wie bei der Drahtleitung. Es wurde daher schon bei den Vorerörterungen die Frage aufgeworfen, ob man für die Richtfunkverbindungen den Gebührenanteil für den Übertragungsweg noch proportional der Länge einsetzen könne. Die Ermittlungen der Verwaltungen über die Selbstkosten werden je nach Art, Lage und Anlage der Relaisstationen zu sehr verschiedenen Angaben führen. Es scheint daher, als ob es eine schwierigere Aufgabe darstellt, eine Empfehlung für einen angemessenen Tarif bei internationalen Richtfunkverbindungen aufzustellen, als es die Aufstellung der bisherigen Tarifempfehlungen war.

Diejenigen Aufgaben, die von den CCI gemeinsam gelöst werden sollen, werden später behandelt werden. (Die hier nicht erwähnte 5. St. K. hat die Technik an der Übergangsstelle zwischen Draht und Funk bei interkontinentalen Gesprächen, d. h. die fernsprechtechnische Ausrüstung der Überseefunkstellen zu bearbeiten.)

3. Wesentliche Fragen des CCIT

Die letzte Vollversammlung des CCIT hat im Jahre 1948 stattgefunden. Die nächste, ursprünglich für 1951 vorgesehen, ist auf 1953 verschoben worden. Im Jahre 1948 wurde eine umfangreiche Fragenliste aufgestellt, die 1949 durch mehrere von der Telegraphen- und Fernsprechkonferenz gestellte Aufgaben noch erweitert wurde; nicht für alle Fragen hat die Erledigung Zeit bis zur nächsten Vollversammlung. Deshalb hat man auf den Tagungen der Studienkommissionen im Frühjahr 1951 eine besondere Regelung getroffen. Man hat zu gewissen, schon abschließend erörterten Fragen „Vorläufige Empfehlungen" angenommen. Die Verwaltungen sind aufgefordert worden, diese Empfehlungen schon vor der endgültigen Annahme durch die nächste Vollversammlung anzuwenden. Ferner hat man zu anderen Fragen Empfehlungsentwürfe aufgestellt, die ebenfalls schon einen gewissen Abschluß der

Beratungen bedeuten, den Verwaltungen zur Stellungnahme zugegangen sind und, wenn kein Einspruch erfolgt, ebenfalls schon in Kürze angewendet werden sollen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich nur auf die Probleme, die hiernach noch zum weiteren Studium übriggeblieben sind, behandeln also nicht die Aufgaben des CCIT, die zwar in der Buchveröffentlichung Brüssel 1948 als Fragen enthalten, aber inzwischen in den Beratungen geregelt worden sind.

Das CCIT hat die Behandlung seines Stoffes auf 11 Studienkommissionen verteilt. Von den Fragen, die in den Bereich der allgemeinen Telegraphentechnik fallen (1. St. K.), bleiben bei der fortschreitenden Spezialisierung in der Telegraphentechnik in der Hauptsache Fragen der Begriffsbestimmung. In der internationalen Zusammenarbeit hat es sich gerade beim CCIT erwiesen, daß die Feststellung solcher genauer Begriffsbestimmungen, wenn Mißverständnisse sicher vermieden werden sollen, ebenso wichtig ist wie beim Fortschritt von Fachwissenschaften. Eine ganze Anzahl von Begriffen ist schon international angenommen. Schwierig ist die genaue Festlegung der Begriffe für die verschiedenen Arten von Verzerrung. Zwar ist hier auch schon wesentliche Arbeit geleistet worden, aber die Begriffe der Verzerrung und ihrer einzelnen Arten erscheinen je nach der Fragestellung verschieden, und es ergeben sich auch noch neue Gesichtspunkte. So hatte das CCIR die Frage aufgeworfen, ob die Definitionen des CCIT nicht so gefaßt werden könnten, daß damit auch die besonderen Erfordernisse des Funkdienstes geregelt werden. Bisher scheint aber die Meinung vorzuherrschen, daß die Erscheinungen, die durch die Schwankungen des Funkübertragungsweges hervorgerufen werden, so sehr von den Verzerrungen der Telegraphie verschieden sind, daß eine gemeinsame Bearbeitung des Stoffes nicht zweckmäßig ist. Immerhin bedarf diese Angelegenheit einer weiteren Prüfung. Eine praktisch wichtige Frage ergibt sich aus der Diskussion über die Definition der unregelmäßigen Verzerrung. Als solche wird gegenwärtig der Höchstwert des Verhältnisses der in Frage kommenden Zeitdifferenz zur Regelzeitdauer des Stromschrittes angesehen. Man kann aber geltend machen, daß sich bei Hintereinanderschaltung mehrerer Strecken mit dieser Definition kein einfaches Additionsgesetz ergibt, daß aber ein solches Additionsgesetz von Wert sei. Man kann dann davon ausgehen, daß sich bei jedem einzelnen Stromschritt ein mehr oder weniger großer Wert der Verzerrung einstellen wird und daß die Gesamtheit dieser Werte eine statistische Masse darstellt, die, so kann man in erster Näherung annehmen, dem Gaußschen Verteilungsgesetz unterliegt. Dann ist ohne weiteres ein statistisches Additionsgesetz für die Verzerrungen bei aneinander geschalteten Strecken gegeben. Nimmt man eine statistisch bestimmte Definition für den Wert der unregelmäßigen Verzerrungen an, so ergibt sich sofort die weitere Frage, ob man nicht ein Meßinstrument angeben kann, das diesen Verzerrungswert anzeigt, und schließlich, wie groß dann die Verzerrung sein darf.

Weitaus die größte Anzahl von Fragen betreffen die Übertragungstechnik (2. St. K.). Dabei ist es wiederum die Verzerrung, die das größte Interesse auf sich zieht. Man könnte hier zwischen der Bedeutung der Verzerrung in der Telegraphie und der Übertragungsgüte in der Fernsprechtechnik eine Parallele ziehen. Für beide sind Definition, rechnerische Bestimmung und praktische Ermittlung mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft, die mit dem Fortschreiten der Untersuchungen zu immer neuen Komplikationen führen. Die vorher für die unregelmäßige Verzerrung aufgeworfene Frage der Addition bei zusammengesetzten Leitungen spielt auch für die anderen Verzerrungsarten eine große Rolle, und das CCIT ist weiterhin bemüht, sowohl durch weitgehende theoretische Untersuchungen wie auch durch Beobachtungen den Einfluß der Einzelabschnitte auf die Übertragungsgüte der Telegraphenverbindung insgesamt weiter zu klären. So erhebt sich die Frage, mit was für einem Gerät man zweckmäßig die Verzerrung messen soll. Hat man eine bestimmte Verzerrung gemessen, so bleibt noch die Frage, ob man gewisse Zuschläge zu dem Meßwert zu machen hat, weil ja die in der Zeit beschränkte Messung nicht immer zum Höchstwert führen wird, der bei längerer Betriebsdauer, womöglich unter schwankenden Betriebsbedingungen, auftreten wird. Auch hierüber sind Untersuchungen im Gange. Der zulässige Höchstwert der Gesamtverzerrung ist zwar für die verschiedenen Leitungsverbindungen schon in einer Empfehlung und neuerdings — etwas geändert — in einem Empfehlungsentwurf festgelegt; aber diese Empfehlungen bedürfen noch weiterer Untersuchung, weil man ihre Zahlenwerte noch nicht als endgültig bezeichnen möchte. Zu bedenken ist, daß jede wesentliche Änderung der Bedingungen in der Übertragungstechnik auch Rückwirkungen auf die zu fordernden Apparateigenschaften haben kann. Die Untersuchung der Störungen und die Verfahren zur Fehlereingrenzung in WT-Kanälen bilden weitere wichtige Themen, die sich übrigens mit den CCIF-Arbeiten berühren.

Für das internationale Teilnehmer-Fernschreibnetz, bei dem in eine Verbindung eine Reihe von Wählern eingeschaltet sein kann, bedürfen die Übertragungsbedingungen einer besonders sorgfältigen Prüfung. Das CCIT ist dabei, für dieses Schaltnetz Übertragungsnormen aufzustellen. Der Fortschritt in der Fernsprechübertragungstechnik stellt auch das CCIT vor neue Aufgaben. Die Erweiterung des Fernsprechübertragungsbandes bis 3400 Hz auf den modernen Trägerfrequenz-Leitungen legt es nahe, mehr WT-Kanäle als bisher zu übertragen. Daher lautet eine CCIT-Frage dahin, ob man allgemein auf diesen Leitungen zu 24 WT-Kanälen übergehen kann. Anderseits ist man infolge der noch immer auf den Fernsprechleitungen unvermeidlichen Restdämpfungsschwankungen zu der Frage gekommen, ob man nicht WT-Systeme im internationalen Dienst einführen könnte, die gegen größere Pegelschwankungen unempfindlich sind. Die Frage bezieht sich sowohl auf frequenzmodulierte WT, bei der sich sehr große Pegelschwankungen ertragen lassen, als auch auf besonders unempfindliche amplitudenmodulierte WT, bei der man etwa 1 N Schwankung zu überwinden hofft.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet die einheitliche Empfehlung für Entzerrer wegen der verschiedenen Längen des Halteschrittes bei den Springschreibern der verschiedenen Verwaltungen. Wenn auch die allgemeine Entwicklung dahin geht, verlängerte Halteschritte zu verwenden, so daß ein Zeichen die Länge von etwa 7½ Stromschritten hat, benutzen doch verschiedene Verwaltungen Apparate, die ohne verlängerten Halteschritt, also mit 7 Stromschritten je Zeichen arbeiten. Für solche Zeichen ist die Entwicklung eines Entzerrers, der in jeder Betriebssituation zuverlässig arbeitet und große Verzerrungen zu beseitigen gestattet, sehr schwierig. Dabei bleibt weiter zu erörtern, ob man die Wählzeichen und andere Schaltsignale in den Springschreibernetzen um die Entzerrer herumleiten soll oder ob man sie auch irgendwie im Entzerrer verarbeiten kann. In diesem Falle müßte der Aufbau der Zeichen mit gewissen Zeittoleranzen noch genau festgelegt werden. Eine weitere technisch interessante Frage bei den Entzerrern ist die, ob man elektromagnetische Empfangsrelais oder rein elektrische Empfangsorgane vorsehen soll. Übrigens ist diese Frage vom CCIF für alle Apparate der Telegraphie ganz allgemein gestellt.

Die Einführung der Fernwahl in größerem Umfange auf internationalen Telegraphiekanälen macht auch die vom CCIT vorgesehenen Untersuchungen dringender, wie man sich davor schützen kann, daß irgendwie am Leitungsanfang oder längs der Leitung fehlerhaft, etwa durch Geräusch oder Nebensprechen, entstehende Zeichen auf die Wahlzeichenempfänger wirken und dadurch falsche Anrufe oder ungewollte Unterbrechung der Verbindung hervorrufen.

Die wichtigste Angelegenheit, die die Technik der Telegraphenapparate selbst (3. St. K.) betrifft, ist die Vereinheitlichung der Zeichengeschwindigkeit der Springschreiber. Die schon erwähnte verschieden lange Dauer des Halteschrittes und damit die Verwendung von Apparaten, die teils 7, teils 7½ Stromschritte, teils eine dazwischen liegende Anzahl zum Zeichenaufbau brauchen, ist ein schweres Hemmnis in der Ausbreitung des Springschreiberdienstes über die ganze Erde. Das CCIT bemüht sich daher weiter, die allgemeine Einführung von Apparaten mit verlängertem Halteschritt durchzusetzen. Ebenso wird es zur einfachen Zusammenarbeit von Kontinent zu Kontinent erforderlich sein, eine einheitliche Geschwindigkeit der Sender zu vereinbaren; diese beträgt jetzt in Europa 50 Bauds, in den Vereinigten Staaten von Amerika rund 45 Bauds. Das CCIT wird sich also in Zukunft mit den offiziell bisher noch nicht erörterten Möglichkeiten zur Vereinheitlichung zu befassen haben. Bei diesen Bestrebungen zur Vereinheitlichung zwischen den Kontinenten muß ferner noch über die Verwendung des Zeichens, das auf der Zahlenseite dem Buchstaben „D" entspricht und das z. T. als „Wer da-Zeichen" benutzt wird, entschieden werden. Auch über die Einrichtungen, die an Streifenschreibern getroffen werden sollen, um ihr Zusammenarbeiten mit Blattschreibern zu ermöglichen, haben die Erörterungen noch nicht zu einer endgültigen Empfehlung geführt und werden fortgesetzt.

Die Vereinheitlichung der Apparate ist auch bei der Bildtelegraphie (4. St. K.) das Ziel wichtiger Arbeiten. Allerdings sind in einer neuerdings ergänzten Empfehlung des CCIT schon Normen für die Apparate angegeben. Es bleibt aber noch eine gemeinsame Entscheidung mit dem CCIR zu treffen, welche Einzelwerte aus diesen Normen, die eine gewisse Auswahl zulassen, für solche Verbindungen zu vereinbaren sind, bei denen Funk- und Drahtwege zusammengeschaltet sind. Auch zur Ausnutzung breiterer Übertragungsbänder auf modernen Trägerfrequenz-Fernsprechleitungen müssen noch Einzelfestlegungen für die Bildtelegraphie getroffen werden. Ferner steht zur Erörterung, ob man Vereinbarungen für größere Bildformate, als bisher zulässig, und für Apparate treffen kann, die keine Halbtöne wiederzugeben brauchen, sondern nur zur Übertragung von Karten, Skizzen und Schriftstücken dienen (Faksimile), die also technisch einfacher sein können.

Auf dem Gebiet der Technik der Fernschreibvermittlung (7. St. K.) ist die wichtigste Aufgabe die international einheitliche Festlegung der Schaltkriterien für den internationalen Telexdienst. Da aber in den einzelnen Ländern recht verschiedene Vermittlungssysteme in Gebrauch sind, ist eine Einigung ebenso wie bei der Fernsprechfernwahl schwierig. Immerhin hat die Konzentration der Untersuchungen auf die wichtigsten Kriterien zu Fortschritten geführt, die eine befriedigende Lösung, wenn auch erst nach weiteren Untersuchungen auf dem Gebiet der Schaltungstechnik, erwarten lassen. Verwandt mit dieser Frage ist die nach einer zweckmäßigen Vereinbarung über den Ablauf der Nummernscheiben. Das CCIT sucht hier zu einer Empfehlung zu kommen, die einen sicheren internationalen Betrieb auch über eingeschaltete Entzerrer ermöglicht, dabei aber die Toleranzen für das Impulsverhältnis nicht unnötig einengt.

Die Fragen, die über den Telegraphenbetrieb aufgeworfen werden, (9. St. K.) lassen das Bestreben erkennen, die durch den Springschreiber gegebenen Möglichkeiten bis zum äußersten auszunutzen. So findet sich hier die Frage, ob man im internationalen Verkehr dem Abgangsamt vorschreiben kann, so zu senden, daß das Empfangsamt das Telegramm auf Blattschreiber in passender Anordnung und hinreichend fehlerfrei empfängt, es also ohne weiteres zustellen kann. Zur Beschleunigung des Umtelegraphierens auf Zwischenämter bedient man sich in zunehmendem Maße des Lochstreifens. Auch das muß bei der erwähnten Frage berücksichtigt werden. Diese Verwendung von Lochstreifen führt aber weiter zur Erörterung, ob man auf dem Abgangsamt eine bestimmte Zeichenkombination geben soll, um auf dem Durchgangsamt den Lochstreifensender anzuhalten, wenn die Telegramme für eine Richtung jenseits des Durchgangsamtes abgegeben sind und nun für andere Telegramme die Richtung gewechselt werden soll. Allgemein ist die Frage aufgeworfen, ob man über die durch das Telegraphenalphabet Nr. 2 z. Z. gegebenen Möglichkeiten hinaus noch andere Signalmöglichkeiten vorsehen sollte. Ferner soll untersucht werden, ob man im öffentlichen Dienst besondere Anlauf- und Haltezeichen für den emp-

fangenden Springschreiber geben soll, wie das im Teilnehmerfernschreibdienst der Fall ist, oder ob man den Apparat ohne weiteres bei Eingang von Zeichen anlaufen und frühestens 45 Sekunden nach dem letzten empfangenen Zeichen stillsetzen soll, wie es für privaten Verkehr zwischen festen Punkten vorgesehen ist. Wichtig für den internationalen Verkehr wäre schließlich eine Vereinbarung darüber, unter welchen Bedingungen der öffentliche Dienst bei Leitungsstörungen auf das Telex-Netz ausweichen soll; bei Verkehr durch ein drittes Land bleibt dann auch die Höhe der Durchgangsgebühr festzusetzen.

Die Fragen, die sich auf Gebühren beziehen (10. St. K.) sind in der Mehrzahl von der Telegraphen- und Fernsprechkonferenz 1949 dem CCIT zur Bearbeitung überwiesen worden. Die interessanteste ist diejenige, die sich auf eine allgemeine Umgestaltung der Telegraphentarife, z. B. durch Einführung eines internationalen Zonentarifs bezieht. Hierzu hat allerdings die zuständige Studienkommission beschlossen, die Erörterung der Angelegenheit auf längere Zeit auszusetzen, bis man die Auswirkungen der im Jahre 1950 in Kraft getretenen Tarifänderungen genau übersieht. Dagegen hat man eine Umgestaltung des Bildtelegrammtarifs ins Auge gefaßt. Da die Übermittlung der Bildtelegramme eine Fernsprechleitung in Anspruch nimmt, liegt es nahe, die Gebührenregelung der des Fernsprechdienstes anzupassen. Eine weitere Frage ergibt sich daraus, daß die Zahl der internationalen Durchgangsleitungen immer mehr zugenommen hat und weiter zunimmt. Bisher erhält das Durchgangsland im Telegraphen- wie im Fernsprechdienst eine Vergütung für jede einzelne Verkehrsleistung (Telegrammwort oder Gesprächs-Gebühreneinheit), die über die Leitung vermittelt wird. Da aber der wirtschaftliche Aufwand des Durchgangslandes für eine Leitung praktisch von der Verkehrsmenge auf dieser Leitung unabhängig ist, liegt die Möglichkeit auf der Hand, eine feste, vom Verkehr unabhängige Miete für den Leitungsabschnitt im Durchgangsland festzusetzen, die je zur Hälfte von den Endländern bezahlt würde. Es ist verständlich, daß eine solche Änderung für die Telegraphenleitungen, die übrigens einer entsprechenden Regelung bei den Fernsprechleitungen Schritt machen könnte, von den verschiedenen Interessenten sehr genau geprüft werden muß.

Auf dem Gebiet des europäischen Teilnehmerfernschreibnetzes (Telex) hat, der schnell wachsenden Bedeutung dieses Netzes entsprechend, das CCIT in letzter Zeit eine lebhafte Tätigkeit entwickelt und zahlreiche Betriebsfragen geregelt (11. St. K.). Unter anderem ist die Dienstanweisung für den internationalen Telexdienst gründlich überarbeitet worden. Zur Zeit sind nur einige Einzelfragen beim CCIF offen, z. B., ob man Konferenzschaltungen zulassen soll, ferner, ob man einem Teilnehmer gestatten soll, seinen Apparat vorübergehend abzuschalten. Nach der gegenwärtigen Regelung muß der Apparat auch in Abwesenheit des Teilnehmers dauernd empfangsbereit sein. Wenn man diese Vorschrift aufhebt, muß der rufende Teilnehmer entsprechend verständigt werden.

Die Probleme auf dem Gebiet der Starkstrombeeinflussung (5. St. K.) sind mit denen des CCIF so eng verknüpft, daß hier nicht darauf eingegangen zu werden braucht.

(In das Arbeitsgebiet der 6. Studienkommission fällt u. a. die Abfassung des Fernmeldewörterbuches, von der weiter unten berichtet wird, in das der 8. Studienkommission die Aufstellung eines europäischen Telegraphennetzplanes, der aber im wesentlichen durch den Fernsprechnetzplan bestimmt werden dürfte.)

4. Wesentliche Fragen des CCIR

Die Aufgaben des CCIR werden wie so viele technische Arbeiten auf dem Funkgebiet von der Notwendigkeit beherrscht, irgendwie dem Frequenzmangel abzuhelfen. Tatsächlich ist in fast allen Bereichen ein so großer Bedarf an Funkkanälen, daß es nur mit stärkster Ausnutzung der technischen Möglichkeiten gelingt, einen einigermaßen störungsfreien Betrieb zu erreichen. In manchen Frequenzbereichen überstieg vor der im Herbst 1951 abgehaltenen Außerordentlichen Funkverwaltungskonferenz die Anforderung im Verhältnis von 10 : 1 die mögliche Zahl von Funkkanälen oder war noch größer. Es kommt also darauf an, die Funkstellen so auszunutzen, daß möglichst wenig Frequenzband von dem einzelnen Nachrichtenkanal belegt wird. Die zuzuweisenden Frequenzen müssen demnach möglichst dicht nebeneinander liegen und, wo es geht, mehrfach zugewiesen werden. Außerdem muß man die Zahl der Frequenzen, die eine einzelne Funkstelle braucht, um auch bei verschiedenen, mit der Tages- und Jahreszeit und mit der Sonnenfleckenhäufigkeit wechselnden Ausbreitungsverhältnissen ihre Verbindungen aufrecht erhalten zu können, möglichst klein halten. Damit sind die beiden großen Problemkreise für das CCIR aufgezeigt: Einsparung an Bandbreite und Ausbreitungsfragen.

Die Einsparung an Bandbreite stellt Aufgaben sowohl bei den Sendern als auch bei den Empfängern. Bei den Sendern (1. St. K.) muß noch eingehender als bisher untersucht werden, welche Bandbreite tatsächlich für die verschiedenen Sendearten notwendig ist, wie weit man die Erzeugung und Abstrahlung von Oberwellen eindämmen kann und wie genau sich die Frequenzen stabil halten lassen. Mit jeder dieser Fragen ist eine ganze Reihe von notwendigen Untersuchungen verknüpft, in einigen Fällen muß man auch erst noch die anzuwendenden Begriffsbestimmungen und passenden Meßverfahren festlegen. Eine Sonderfrage ist die nach bestimmten Empfehlungen über den Telegraphiebetrieb mit Frequenzumtastung, der in den letzten Jahren starke Verbreitung gefunden hat und vermutlich auch im beweglichen Dienst Eingang finden wird. Dabei sind einige Begriffe genau festzulegen; ferner möchte man u. a. eine Normenreihe für den Frequenzabstand zwischen Zeichenstrom-Frequenz und Trennstrom-Frequenz empfehlen.

Auf der Empfangsseite (2. St. K.) hat man sich in der Haupt-

sache mit weiteren Untersuchungen über die Stabilität und die Trennschärfe der Empfänger zu befassen. Im Zusammenhang hiermit steht zur Untersuchung, welchen Einfluß die Trennschärfe- und die Phasenbedingungen in den Empfängern einerseits auf die Empfindlichkeit gegen Störungen, andererseits auf den Grad der Abrundung der empfangenen Zeichen haben. Es bleibt der beste Kompromiß zu suchen zwischen dem Teil der insgesamt zulässigen Abrundung, der beim Sender, der bei der Ausbreitung und der im Empfänger wirksam wird.

Über die Einzelheiten der Sender und Empfänger darf jedenfalls das Zusammenwirken aller Faktoren auf einem Funkkanal nicht außer acht gelassen werden (3. St. K.). Dabei werfen die verschiedenen Betriebsarten ihre eigenen Probleme auf. Z. B. wird man sich besonderen Untersuchungen darüber widmen, wie WT-Verbindungen auf Funklinien am besten eingerichtet werden, wenn man Mehrfachempfang durch Verwendung verschiedener Frequenzen oder durch Verwendung räumlich getrennter Antennen vornehmen will. Auch bleibt zu untersuchen, welche praktischen Unterschiede sich ergeben zwischen Systemen, bei denen Zeichenstrom und Trennstrom aus zwei verschiedenen Wechselstromerzeugern stammen, und solchen Systemen, bei denen die Zeichen aus einem Wechselstromerzeuger stammen, dessen Frequenz geändert wird. Im zweiten Falle ergibt sich ein zusammenhängender Schwingungszug, dessen spektrale Zusammensetzung von der des ersten Falles abweicht. Auch die Wirksamkeit von Richtantennen für Verbindungen über große Enfernungen ist zu untersuchen. Ferner will man sich an der Entwicklung der Nachrichtentheorie bis zu einem gewissen Grade beteiligen. Zum mindesten wird das CCIR darauf achten, welche praktischen Folgerungen zu jeder Zeit aus der Entwicklung dieser Theorie zu ziehen sind. Denn gerade sie hat sich ja u. a. die Aufgabe gestellt, die brennendste Frage der Funktechnik lösen zu helfen, wie man in einem knapp begrenzten Frequenzbande möglichst viel Nachrichteninhalt übertragen kann. Allerdings kann es nicht Aufgabe von CCIR-Kommissionen sein, wissenschaftliche Theorien auf den Tagungen in Einzelheiten zu erörtern. Man wird sich zunächst darauf beschränken, daß besonders interessierte Mitglieder an den nachrichtentheoretischen Untersuchungen teilnehmen. Das CCIR hat sich indessen zur Aufgabe gemacht, durch eine klare Gegenüberstellung der in der Theorie und der im Betriebe gebrauchten Terminologie den Weg für eine Übernahme von Ergebnissen in die Praxis zu ebnen.

Die Ausbreitungsuntersuchungen beziehen sich auf die Ausbreitung der Bodenwelle (4. St. K.), die Ausbreitung in der Troposphäre (5. St. K.) und in der Ionosphäre (6. St. K.). Bei der Ausbreitung der Bodenwelle können Brechnungen in der Troposphäre eine gewisse Rolle spielen. Ferner ergeben sich Ausbreitungsprobleme, wenn der Ausbreitungsweg nicht über einheitliches Gelände führt, wenn z. B. Land- und Seestrecken hintereinanderliegen oder wenn sich faltige Gebirge der Bodenwelle in den Weg stellen. Auch die zeitlichen Schwankungen von Feldstärke und Phase verdienen Interesse. Das CCIR hat

daher recht umfangreiche Studienprogramme über die Ausbreitung der Bodenwelle aufstellen müssen. Beantworten lassen sich die meisten Fragen nur an Hand umfangreichen statistischen Materials, so daß hier noch ein weites Feld für die Arbeiten vorliegt. Die Studienprogramme für die Ausbreitung in der Troposphäre sind nicht so umfangreich. Dagegen ist es bei der Wichtigkeit des Funkweitverkehrs verständlich, daß die Ausbreitung in der Ionosphäre zu eingehenden Untersuchungen Anlaß gibt. Schwund und andere Feldstärkeschwankungen sowie atmosphärische Geräusche stehen im Vordergrund des Interesses. Die vielen Einzelfragen, die in diesem Zusammenhang gestellt und beantwortet werden müssen, können hier nicht angeführt werden. Die meisten können nur durch eine sehr eingehende langdauernde Beobachtung an vielen Stellen der Erde und durch eine gute statistische Auswertung gelöst werden. Freilich spricht man nicht umsonst vom Funkwetter, und so wird auch die Vorhersage der Ausbreitungsverhältnisse wohl immer mit Unsicherheiten behaftet bleiben, wie sie den meteorologischen Vorhersagen trotz aller Vermehrung der Beobachtungspunkte und der Verbesserung des Nachrichtenaustausches zu eigen sind. Eine beonders interessante Ausbreitungsfrage ist die nach den nichtlinearen Vorgängen in der Ionosphäre. Zwar sind die Beobachtungen dieser Nichtlinearität schon zahlreich, aber die quantitativen Angaben darüber noch recht dürftig, exakte Beobachtungen also weiterhin wichtig.

Eine ganze Reihe von allgemeinen technischen Untersuchungen stehen auf dem Programm des CCIR (9. St. K.). Nur einige seien hier erwähnt: Die Kennzeichnung der Sender während der Sendungen ist erforderlich, damit sich bei Störungen die Verhältnisse klären lassen. Deshalb ist jeder Sendestelle für jede Frequenz ein Kennzeichen zugeteilt, das möglichst oft ausgestrahlt werden soll. Nun dürfen aber viele Nachrichten, etwa Rundfunksendungen oder Bildsendungen ihrer Natur nach längere Zeit hindurch nicht unterbrochen werden; es bleibt eine schwierige technische Aufgabe anzugeben, wie die häufige Ausstrahlung des Kennzeichens dann vorgenommen werden soll, ohne daß man zusätzliche Bandbreite in Anspruch nimmt. Ferner ist eine interessante Frage von vielleicht großer Tragweite, ob man mit den normalen 5-Stromschritt-Telegraphenapparaten auch auf den Funkwegen arbeiten soll oder ob man wegen der Gefahr falscher Zeichen ein überbestimmtes Alphabet z. B. von 7 Stromschritten wählen soll. Auf eine der ältesten Anwendungen des Funkverkehrs, nämlich auf die Sicherung des Schiffsverkehrs, bezieht sich die Aufgabe, ein Alarmzeichen zu vereinbaren, das sowohl beim Abhören des Funkverkehrs im Sprechfunkdienst hervortritt als auch ein automatisches Alarmgerät mit Sicherheit zum Ansprechen bringt; fast ebenso wichtig wie das sichere Auslösen des Alarmgerätes ist freilich, daß das Gerät nur sehr selten, wenn überhaupt, infolge anderer, ähnlicher Signale fälschlich Alarm gibt. Ebenfalls für den Schiffsverkehr von Interesse ist die Frage, ob man bei der Funkpeilung zur Messung mit Im-

pulsen übergehen soll, um dadurch vielleicht eine höhere Genauigkeit zu erreichen.

Unter den Problemen auf dem Rundfunkgebiet (10. St. K.) ist es besonders der Kurzwellenrundfunk, bei dem eine internationale Zusammenarbeit zur Beseitigung der noch bestehenden Schwierigkeiten gewünscht wird. Festzulegen bleiben die technischen Bedingungen für einen ausreichenden Empfang der Kurzwellen-Rundfunksendungen. Bei den zur Verbesserung in Frage kommenden Mitteln will man die Eigenschaften der Richtantennen näher untersuchen, ferner die Möglichkeit von Gleichwellenbetrieb und dabei besonders die Empfangsverhältnisse in der zwischen den Sendern liegenden Zone. Ferner denkt man bei Erörterung der Rundfunkfragen immer wieder an den Einseitenband-Rundfunk als an ein Mittel, um dem Frequenzmangel abzuhelfen. Man hofft sogar, daß es nach weiteren Untersuchungen möglich sein könnte, mit den gegenwärtigen Empfängern ohne Änderung Rundfunksendungen aufzunehmen, die auf einem Seitenbande ausgestrahlt werden, wenn die Trägerwelle nicht unterdrückt und auch ein Teil des zweiten Seitenbandes gesendet wird. Die mit Erfolg begonnenen Arbeiten an der Normung von Tonaufzeichnungsgeräten müssen noch abgeschlossen werden. Erwähnt sei, daß die schwierigen Ausbreitungsverhältnisse in den Tropen eine ganze Reihe von Sonderuntersuchungen für den Tropenrundfunk erforderlich machen (12. St. K.).

Auf dem Gebiet des Fernsehens (11. St. K.) hat sich das CCIR bisher vergeblich bemüht, eine internationale Norm für die Zeilenzahl der Fernsehbilder zu erreichen. Es mußte sich darauf beschränken, die gebräuchlichen Systeme in ihren Eigenschaften zusammenzustellen. Immerhin ist es weiter bemüht, die einzelnen Eigenschaften möglichst aneinander anzugleichen, um dem Programmaustausch zwischen verschiedenen Ländern den Weg zu ebnen. Soweit eine Anpassung der Systeme nicht zu erreichen ist, müssen Mittel gefunden und vereinbart werden, mit denen sich die Programme am einfachsten und besten von einem System auf das andere umsetzen lassen. Dabei spielt natürlich auch die Frage eine Rolle, wie weit man mit der Bandbreite heruntergehen kann und welche Eigenschaften eine Leitung für eine Weitübertragung haben muß, womit, wie erwähnt, das CCIF sich auch schon beschäftigt hat. Hiermit hängt das Problem zusammen, wie man überhaupt die Güte eines Fernsehbildes objektiv bewerten soll. Die Erörterung hierüber ist für die Entwicklung des Fernsehens von jeher und auch in Zukunft von großer Bedeutung. Man kann hierbei noch weitergehen und, wie das CCIR es in einer Frage anregt, das Auflösungsvermögen und die Unterschiedsempfindlichkeit des menschlichen Auges einer besonderen Untersuchung unterziehen; denn man muß annehmen, daß die bisherigen physiologischen Untersuchungen auf diesem Gebiete den Bedingungen der Betrachtung eines Fernsehbildes nicht voll gerecht werden. Von den weiteren Aufgaben auf dem Gebiet des Fernsehens sei nur noch das Studienprogramm erwähnt, wonach die Verfahren zusammengestellt werden sollen, mit denen man Schwarz-Weiß-Fernsehen

und Farb-Fernsehen vereinigen kann. Wenn man an die lebhaften Diskussionen und die kommerziellen Auswirkungen denkt, die die Behandlung dieser Möglichkeit in den USA gehabt hat, kann man nicht erwarten, daß das CCIR leicht zu einer Lösung der Aufgabe kommt. Man kann vielmehr in diesem Studienprogramm gewissermaßen eine Proklamation sehen, mit der man darauf hinwirken will, daß in Europa die bestehenden Schwierigkeiten rechtzeitig in ihrem vollen Umfang erkannt und berücksichtigt werden sollen. (Die Arbeiten der 7., 8., 13. und 14. Studienkommission, von denen hier keine Fragen genannt worden sind, beziehen sich auf Zeitzeichen und Normalfrequenzen, Funküberwachung, Betrieb, Wörterbuch.)

5. Gemeinsame Aufgaben der CCI

Während eine Reihe der oben erwähnten Fragen das Zusammenarbeiten der CCI auf gemeinsamen Grenzgebieten angeraten sein lassen kann, gibt es einige Aufgaben, die einheitlich von den drei CCI gelöst werden müssen. Die wichtigste davon ist wohl die Aufstellung eines Wörterbuches der Fernmeldetechnik. Das CCIF hat schon vor mehr als zwei Jahrzehnten ein Siebensprachen-Wörterbuch erscheinen lassen, das zahlreiche Ausdrücke aus der Fernsprechtechnik enthielt. Ein Achtsprachen-Wörterbuch für die gesamte Fernmeldetechnik war vor dem Kriege in Vorbereitung. Es ist äußerst wünschenswert, daß ein solches Wörterbuch nach Bearbeitung durch die drei CCI bald herausgegeben wird. In gewissem Zusammenhange damit steht, daß für eine Reihe von fernmeldetechnischen Fachausdrücken eine international gültige Begriffsbestimmung aufgestellt werden soll. Auch hier haben die CCI schon Vorarbeiten geleistet. Ferner ist es angebracht, daß die CCI die Internationale Elektrotechnische Kommission bei ihrem Vorhaben unterstützen, für die Schaltzeichnungen und für die Gleichungen der Elektrotechnik zu einheitlichen zeichnerischen Symbolen und einheitlichen Schriftsymbolen zu kommen. Hier verdienen auch die Überlegungen der CCI darüber Erwähnung, ob es nicht zweckmäßig sei, für die allgemeine Verwendung des Giorgischen Maßsystems einzutreten und es zunächst den Verwaltungen für die CCI-Arbeiten zu empfehlen. Eine weitere Frage ist, in welcher Weise die Zusammenarbeit mit der Organisation durchgeführt werden soll, die für die Dezimalklassifikation zuständig ist, nämlich mit der Fédération Internationale de Documentation. Sicher ist, daß die Dezimalklassifikation einer gründlichen Bearbeitung bedarf, wenn sie auf dem Gebiet der Fernmeldetechnik weiterhin mit Erfolg angewendet werden soll. Man hat daher zuletzt den Vorschlag gemacht, für diese Bearbeitung einen Ausschuß von 6 vielseitig erfahrenen Fernmeldeingenieuren und 6 Bibliothekaren zu bilden. Schließlich sind die CCI im letzten Jahre von dem Verwaltungsrat des Internationalen Fernmeldevereins mit der Frage befaßt worden, wie man den fernmeldetechnisch wenig entwickelten Ländern bei dem Ausbau ihrer Anlagen Hilfe leisten kann. Gedacht ist u. a. an die Beratung

dieser Länder durch Sachverständige, die von dem CCI in Vorschlag gebracht werden könnten.

IV. Technische Fragen und Fortschritt

Gewiß sind die CCI keine Erfindergemeinschaften. Neuerungen werden im allgemeinen an sie von Verwaltungen, Betriebsgesellschaften oder auch Fernmeldefirmen erst herangetragen, wenn die Kenntnis darüber auch der Öffentlichkeit zugänglich ist und man mit der praktischen Verwendung schon rechnen kann oder gar begonnen hat. Die CCI wägen indessen die verschiedenen, auf das gleiche Ziel gerichteten Neuerungsvorschläge unter internationalen Gesichtspunkten ab und streben nach einem Ausgleich der unterschiedlichen Belange. Wo ihnen dieser gelingt, schaffen sie eine einheitliche Grundlage, auf der die technische Entwicklung wieder weiterbauen kann. Auf manchen Gebieten kommt man in dieser Weise schnell, auf anderen nur sehr langsam vorwärts. Nach den Lösungsmöglichkeiten lassen sich die Probleme, die den CCI zur Zeit gestellt sind, in verschiedene Gruppen einteilen. Zunächst gibt es eine Reihe von Fragen, bei denen nur eine Abstimmung der Ansichten der Verwaltungen nötig ist. Dahin gehören z. B. viele Fragen der Fernsprechbetriebsregelung. Hier bietet das CCIF also eine Gelegenheit zur schnellen Vereinbarung einer internationalen Regelung. Eine andere Gruppe von Fragen ergibt sich aus dem Fortschreiten der Technik, indem nämlich zwischen verschiedenen, vielleicht gleichwertigen Lösungen rechtzeitig eine internationale Wahl getroffen werden muß. Hier sei an die Frage der Anordnung der Frequenzen im Trägerfrequenz-Vielfachbetrieb oder an das automatische Notrufzeichen für Schiffe erinnert, auch an die Fernsehnormen, für die sich eine Lösung noch nicht hat finden lassen. Bei solchen Fragen kommt es darauf an, ihre internationale Bedeutung so früh zu erkennen, daß noch keine großen Aufwendungen in den einzelnen Systemen gemacht worden sind. Läßt sich keine einheitliche Lösung finden, so ergibt sich eine dritte Gruppe von Fragen, wie nämlich die Zusammenarbeit verschiedener Systeme ohne großen Kostenaufwand möglich gemacht werden kann. Schließlich besteht eine große Gruppe von Fragen, die mit dem technischen Fortschritt ständig ihre einzelnen Bestimmungsgrößen ändern, aber dem Sinne nach über lange Zeit, vielleicht jahrzehntelang die CCI beschäftigen. Dabei handelt es sich u. a. um die Grundfragen nach der Übertragungsgüte im Fernsprechbetrieb, nach dem zulässigen Geräusch, ferner nach der Verzerrung in der Telegraphie und nach der nötigen Frequenzbandbreite und nach den Ausbreitungsverhältnissen bei Funkverbindungen. Hier kommt es darauf an, daß man dem technischen Fortschritt entsprechend die Anforderungen an die internationalen Verbindungen einheitlich festsetzt, damit kein Land übermäßig zurückbleibt und die Wirksamkeit des Gesamtnetzes stört. Es soll übereinstimmend festgesetzt werden, welche Güte des Dienstes die Teilnehmer verlangen dürfen. Es liegt im Zuge der Entwicklung, daß die technischen Fortschritte dabei den Benutzern

der Fernmeldedienste z. T. auf der wirtschaftlichen Seite, d. h. durch Verbilligung der Tarife, z. T. durch erhöhte Betriebsgüte zugänglich gemacht werden. Die Betriebsgüte findet dabei in der Schnelligkeit und Zuverlässigkeit, Störungsfreiheit und Bequemlichkeit der Verständigung ihren Ausdruck. Hier stets den rechten, allgemein anerkannten Ausgleich zu finden, ist Aufgabe der CCI, wenn sie diese letzte Gruppe von Fragen bearbeiten, von Fragen also, die nicht heute oder morgen eine endgültige Lösung finden können, sondern des steten harmonischen Zusammenarbeitens der Fachleute bedürfen. Die CCI können für sich das Verdienst in Anspruch nehmen, daß ihnen die Vermittlung solcher Zusammenarbeit bisher in hohem Maße gelungen ist.

H. Düll

Der Aufbau des Fernkabelnetzes in West-Deutschland

Im Jahre 1920 wurde mit der technischen Planung und dem Aufbau des deutschen Fernkabelnetzes begonnen, und zwar wurden zunächst 98paarige Fernkabel in DM-Verseilung ausgelegt, die nur für niederfrequente Ausnutzung vorgesehen waren und die Schaltung von maximal 147 Zweidraht-Stromkreisen mit einer Reichweite von mehreren Hundert Kilometern ermöglichten. Im Jahre 1950 wurde mit der Verlegung von zwei 24paarigen Fernkabeln in Sternverseilung für trägerfrequente Ausnutzung begonnen, die die Schaltung von insgesamt 1440 Vierdraht-Stromkreisen für den Fernsprechweitverkehr mit einer Reichweite von 2500 km und mehr gestatteten. Diese hohe Leistung der modernen Trägerfrequenz-Fernkabelanlagen ist das Ergebnis einer 30jährigen Kabel- und Verstärker-Entwicklung in Deutschland, die ihren Niederschlag im Aufbau des Fernkabelnetzes gefunden hat und bei den verschiedenen Fernkabelformen entsprechend in Erscheinung getreten ist.

I. Bisherige Netzgestaltung in Deutschland

In der ersten Zeit des Aufbaus der Fernkabelanlagen war die Zweidraht-Technik das bestimmende Element in der Netzgestaltung; nur in Ausnahmefällen ging man bei großen Entfernungen (über 500 ... 600 km) zur Vierdraht-Technik über. In den verschiedenen Fernkabelformen wurden grundsätzlich Kupferleiter mit 0,9 und 1,4 mm Durchmesser verwendet, die mit Spulen von 200 mH für 0,9 mm Stammleitungen, von 190 mH für 1,4 mm Stammleitungen und von 70 mH für 0,9 und 1,4 mm Phantomleitungen belastet wurden. Für die etwas später eingeführten leichtbespulten Stromkreise mit 0,9 mm Leitern wurde eine Belastung von 50/20 mH für die Stamm- bzw. Phantomleitungen angewendet.

Aber schon nach kurzer Zeit wurde diese Bespulungsart verlassen und eine neue Bespulungsmethode eingeführt, die infolge der leichteren Belastung eine höhere Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf den Leitungen und damit eine größere Reichweite ergab und außerdem infolge der höheren Grenzfrequenz die Übertragung eines breiteren Frequenzbandes zuließ. Bei der neuen Bespulungsart wurde ohne Änderung der zwei bisher gebräuchlichen Leiterdurchmesser der Spulenabstand von 2,0 km auf 1,7 km vermindert und die Spulenwerte auf 140/56 mH für die Stamm- bzw. Phantomleitungen herabgesetzt, was eine Erhöhung der

Grenzfrequenz auf rd. 3500 Hz brachte. Für die leichtbelasteten Stromkreise mit 0,9 mm Kupferleiter (L-Leitungen) wurden Spulen mit 30/12 mH verwendet und damit auf den Stamm- und Viererkreisen eine Grenzfrequenz von 7470/9300 Hz erzielt. Das CCIF hat diese Bespulungsart als Methode II bezeichnet und deren Anwendung empfohlen, während sich die ebenfalls vom CCIF anerkannte Methode I auf die im Ausland vielfach eingeführten Leiterstärken 0,9 und 1,3 mm und auf den Spulenabstand 1,830 km bezieht. Beide Pupinisierungsmethoden unterscheiden sich nur wenig voneinander und sind elektrisch und übertragungstechnisch ungefähr gleichwertig.

Dieses neue Bespulungssystem ist im deutschen Fernkabelnetz in großem Umfang eingeführt und bis in die neueste Zeit beibehalten worden. Geht man auf den Stämmen der mittelschwer belasteten Fernkabelleitungen mit der höchsten übertragenen Frequenz bis zum 0,7 fachen der Grenzfrequenz (3500 Hz), so kann man auf diesen Leitungen ein Frequenzband von 300 . . . 2400 Hz übertragen, ein Wert, der im Vergleich mit der höchsten übertragenen Frequenz von 2000 Hz bei der älteren Bespulung (200 bzw. 190 mH) einen beachtlichen Fortschritt darstellt. Für den Fernsprech-Weitverkehr waren aber diese Leitungen wegen ihrer immer noch unzureichenden Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht geeignet; sie wurden daher als Zweidrahtleitungen vor allem für den Bezirks- und Zubringerdienst benutzt. Für den Weitverkehr dagegen wurden die leichtbespulten Leitungen verwendet, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit und höhere Grenzfrequenz die Verständlichkeit auf diesen Leitungen beträchtlich verbesserten und eine große Reichweite ergaben. Diese L-Leitungen wurden zunächst im niederfrequenten Vierdrahtbetrieb mit einem übertragenen Frequenzband von 300... 2700 Hz und später im Vierdraht-Zweibandbetrieb (L-System) mit einem niederfrequenten und einem trägerfrequenten Kanal (Bild 1) eingesetzt. In Fällen von sehr großem Leitungsbedarf wurde im Phantomkreis dieser

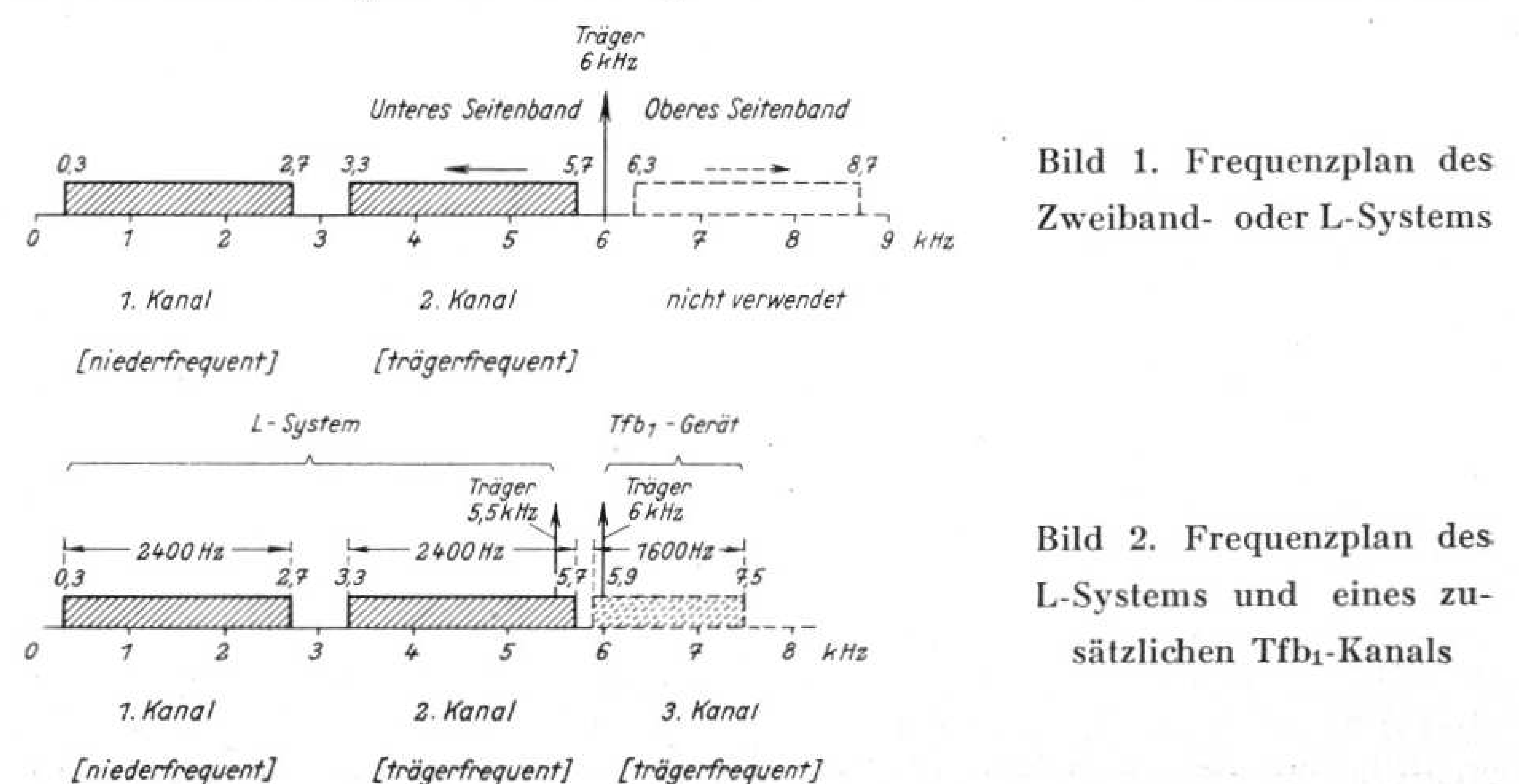


Bild 1. Frequenzplan des Zweiband- oder L-Systems

Bild 2. Frequenzplan des L-Systems und eines zusätzlichen Tfb_1-Kanals

Leitungen in der Frequenzlage 5900 . . .7500 Hz noch ein weiterer trägerfrequenter Kanal mittels des Tfb_1-Gerätes (Bild 2) eingeschaltet, der aber wegen des schmalen übertragenen Frequenzbandes von 1600 Hz und der starken Dämpfungsverzerrung in der oberen Frequenzlage für größere Entfernungen nicht geeignet war.

Für den Weitverkehr wurde eine besondere Leitungsart entwickelt, die S-Leitung; diese aus Kupfer hergestellte Leitung ist 1,4 mm stark und wird in normalen Abständen (1,7 km) mit 3,2-mH-Spulen belastet und weist bei einer Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 105 000 km/sec eine Grenzfrequenz von 21 500 Hz auf. Diese S-Leitungen haben aber mangels genügend langer zusammenhängender Fernkabelstrecken, in denen diese Leiterart vorhanden ist, keine praktische Anwendung gefunden. In größerem Umfang dagegen wurden die koaxialen Leitungen mit den Abmessungen 5/18 mm (Bild 3) eingesetzt, die zunächst für die Übertragung eines breiten Fernseh-Frequenzbandes in den Jahren 1935 . . . 36 entwickelt und gebaut wurden. Diese koaxialen Leitungen enthalten einen

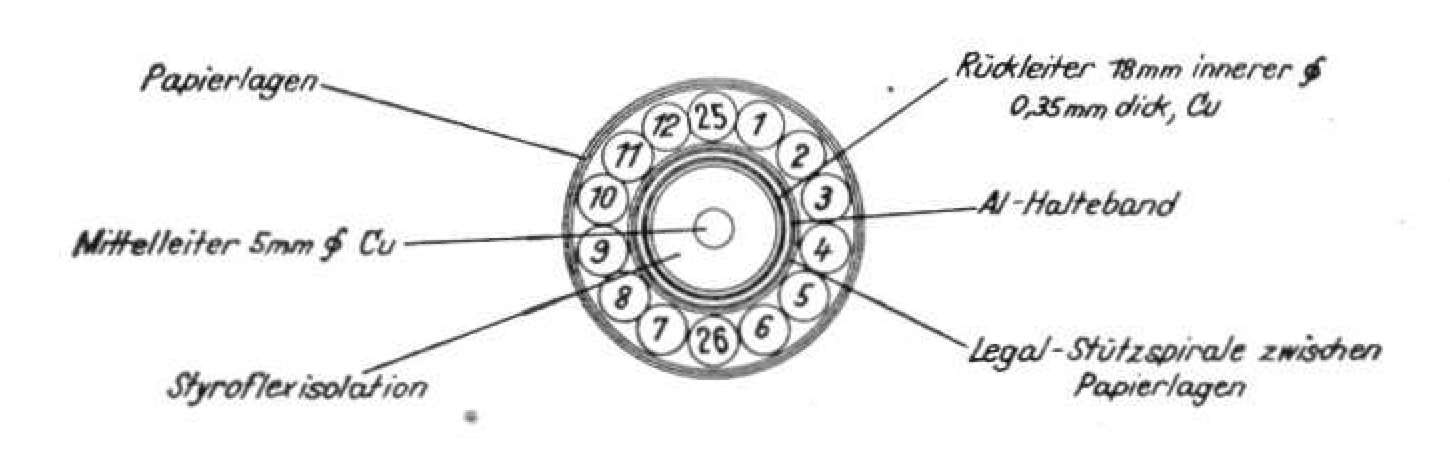


Bild 3. Koaxiales Kabel der Form 5/18 mm mit einer Lage aus symmetrischen Leitungen

aus Kupfer bestehenden Innenleiter mit einem Durchmesser von 5 mm und einen Außenleiter mit einem Innen-Durchmesser von 18 mm; sie wurden im Frequenzbereich 90 . . . 690 kHz, der für das Fernsehen nicht benötigt wurde, für 200 Fernsprechkanäle in Vierdrahtschaltung mit einem Trägerabstand von 3 kHz (Bild 4) und einem übertragenen Frequenzband von 300 . . . 2700 Hz je Kanal ausgenutzt. Diese koaxialen Kabelleitungen werden im allgemeinen im Zweikabelbetrieb — für jede Übertragungsrichtung ein Kabel — benutzt; sie sind noch mit einer Lage aus symmetrischen Leitungen versehen, die aus bespulten und auch aus unbespulten Leitungen besteht. Die unbespulten Leitungen, auch U-Leitungen genannt, sind sternverseilte Fernkabelleitungen aus 1,2 mm starken Kupferadern oder aus 1,55 mm starken Aluminiumadern, die für trägerfrequente Ausnutzung in den Stämmen im Frequenzbereich 12 . . . 60 kHz vorgesehen sind. Bei den zur Anwendung kommenden großen Verstärkerfelddämpfungen von 6,0 . . .6,5 N muß eine hohe Nebensprechfreiheit gefordert werden, die nur dadurch erreicht werden kann, daß die Leitungen für beide Gesprächsrichtungen in getrennten

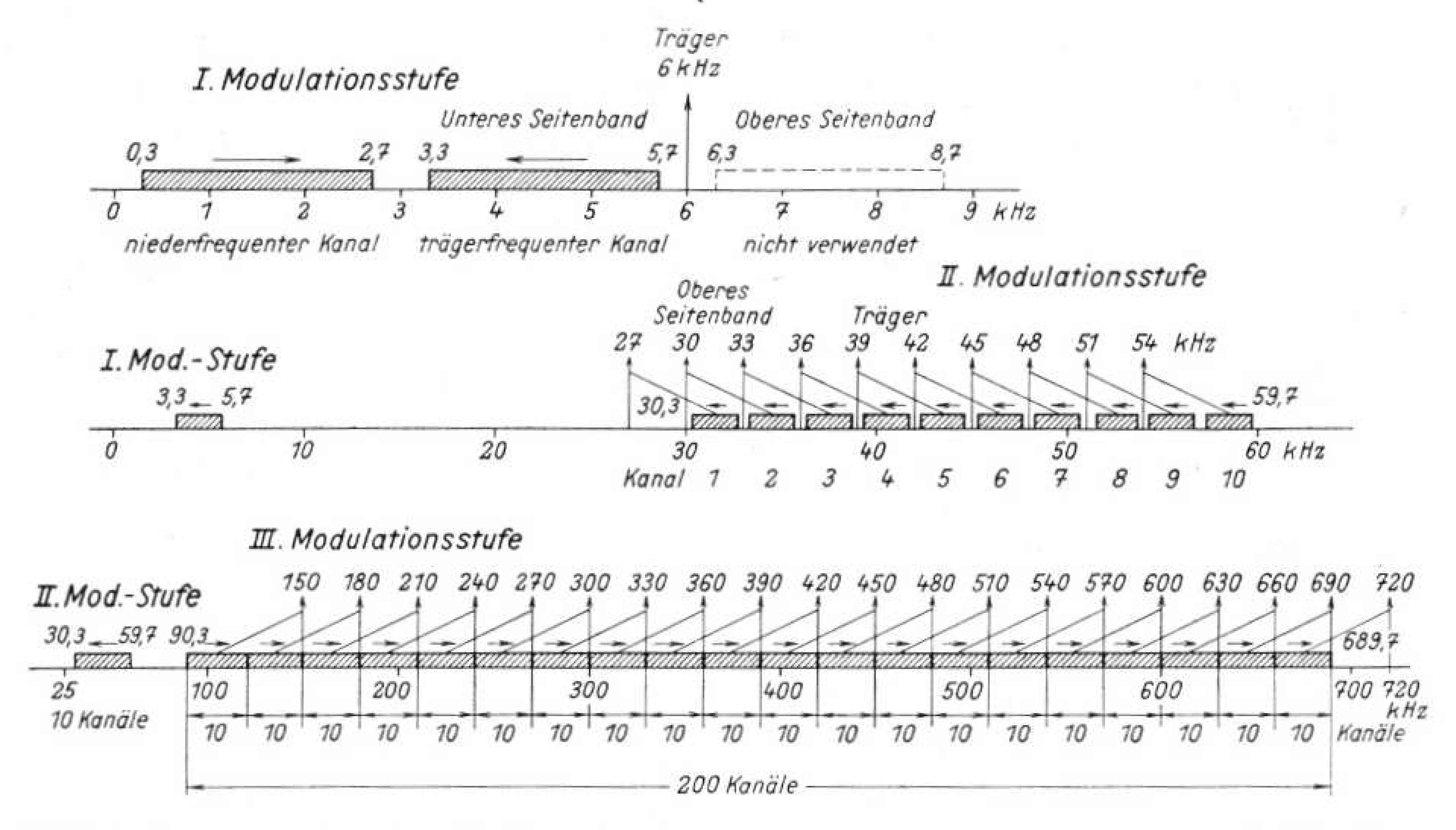


Bild 4. Frequenzplan des Vielkanalsystems mit 3 kHz Trägerabstand und 200 Vierdrahtkanälen auf der koaxialen Kabelleitung 5/18 mm

Kabeln untergebracht werden. Auf diesen Leitungen werden mittels des Zwölfkanal-Systems oder U-Systems (V-12-System) 12 trägerfrequent betriebene Kanäle mit dem vom CCIF empfohlenen breiten Frequenzband 200 . . . 3600 Hz übertragen, die insgesamt einen Frequenzbereich von 12,2 . . . 59,6 kHz benötigen (Bild 5).

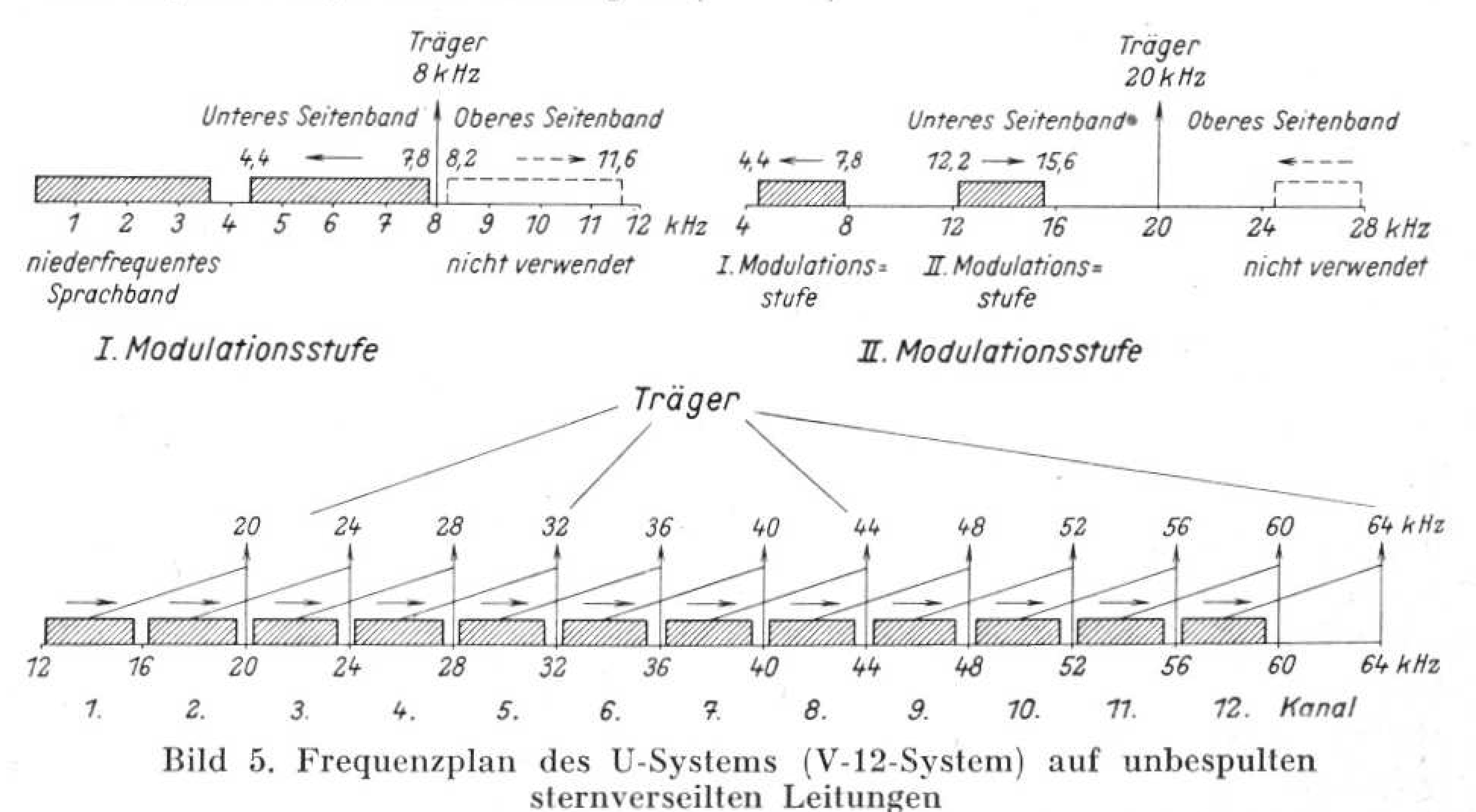


Bild 5. Frequenzplan des U-Systems (V-12-System) auf unbespulten sternverseilten Leitungen

Bei den bespulten Kabelleitungen ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der die Reichweite begrenzende Faktor, bei den U-Leitungen und bei den koaxialen Leitungen hingegen ist die Fortpflanzungs-

geschwindigkeit so hoch, daß deren Reichweite durch einen anderen Faktor beschränkt wird und zwar durch den höchstzulässigen Geräuschwert. Immerhin ist die Reichweite der U-Leitungen so groß, daß damit jede im europäischen Raum vorkommende Entfernung zwischen zwei internationalen Durchgangsfernämtern (etwa 4000 km) übertragungstechnisch und betrieblich einwandfrei überbrückt werden kann. Um Leitungen mit hoher Fortpflanzungsgeschwindigkeit und großem Verstärkerabstand zu erhalten, wurden die sternverseilten Fernkabelleitungen in kurzen Abständen bespult (1,75 mH) und dadurch bei styroflexisolierten Leitungen Verstärkerfeldlängen bis zu 120 km erzielt. Auf diesen Leitungen, die eine Grenzfrequenz von etwa 90 kHz aufweisen, können U-Systeme oder ähnliche Tf-Systeme (MEK-8- oder MEK-16-Systeme) eingesetzt werden. Damit ergaben sich folgende allgemeine Gesichtspunkte für die Netzgestaltung seit 1938: Für den eigentlichen Fernsprechweitverkehr wurden vor allem die das breite Frequenzband übertragenden und daher für den internationalen Durchgangsverkehr besonders geeigneten U-Leitungen verwendet; auch in kurzen Abständen bespulte Leitungen (K-Leitungen) waren dafür geeignet. Außerdem kamen auch die koaxialen Leitungen für den Weitverkehr in Betracht, die allerdings nur das Frequenzband 300 . . . 2700 Hz aufwiesen und daher nur als nationale Leitungen innerhalb Deutschlands geplant waren. Ferner wurden die L-Leitungen und die leichtbespulten niederfrequenten Vierdrahtleitungen eingesetzt, die ebenfalls nur das schmale Frequenzband 300 . . . 2700 Hz übertrugen und infolge ihrer geringeren Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur für kürzere Entfernungen im Weitverkehr verwendet werden konnten.

Auf dieser Grundlage ist der in Bild 6 dargestellte Fernkabel-Netzplan für ganz Deutschland aufgebaut. Die koaxialen Kabel sind durch Doppellinien gekennzeichnet; da der Beipack dieser koaxialen Kabel U-Leitungen enthält, wird durch Bild 6 ein guter Überblick über das nach dem Stand vom Jahre 1938 noch im Aufbau befindliche Weitverkehrsnetz vermittelt. Dieser Netzplan ist in der Darstellung noch ergänzt durch die in den folgenden Jahren verlegten koaxialen Kabel und U-Kabel. Diese für den Weitverkehr in Frage kommenden Kabel verbinden vor allem Berlin mit den deutschen Großstädten, so insbesondere mit Hamburg, Hannover, Köln, Frankfurt/Main, Leipzig, Nürnberg, München und Stuttgart und außerdem einen großen Teil der Städte untereinander. Die nicht unmittelbar erfaßten Großstädte wie Bremen, Dresden, Düsseldorf, Dortmund usf. können durch kurze Fernkabelstrecken in dieses Weitverkehrsnetz einbezogen werden.

II. Neuere Fernkabel-Entwicklung

Die nach dem Krieg einsetzende weitere Entwicklung auf dem Gebiete der trägerfrequenten Ausnutzung von Kabelleitungen nahm ihren Ausgangspunkt von der Technik der U-Leitungen; denn diese unbespulten Fernkabelleitungen können ohne wesentliche Schwierigkeiten über

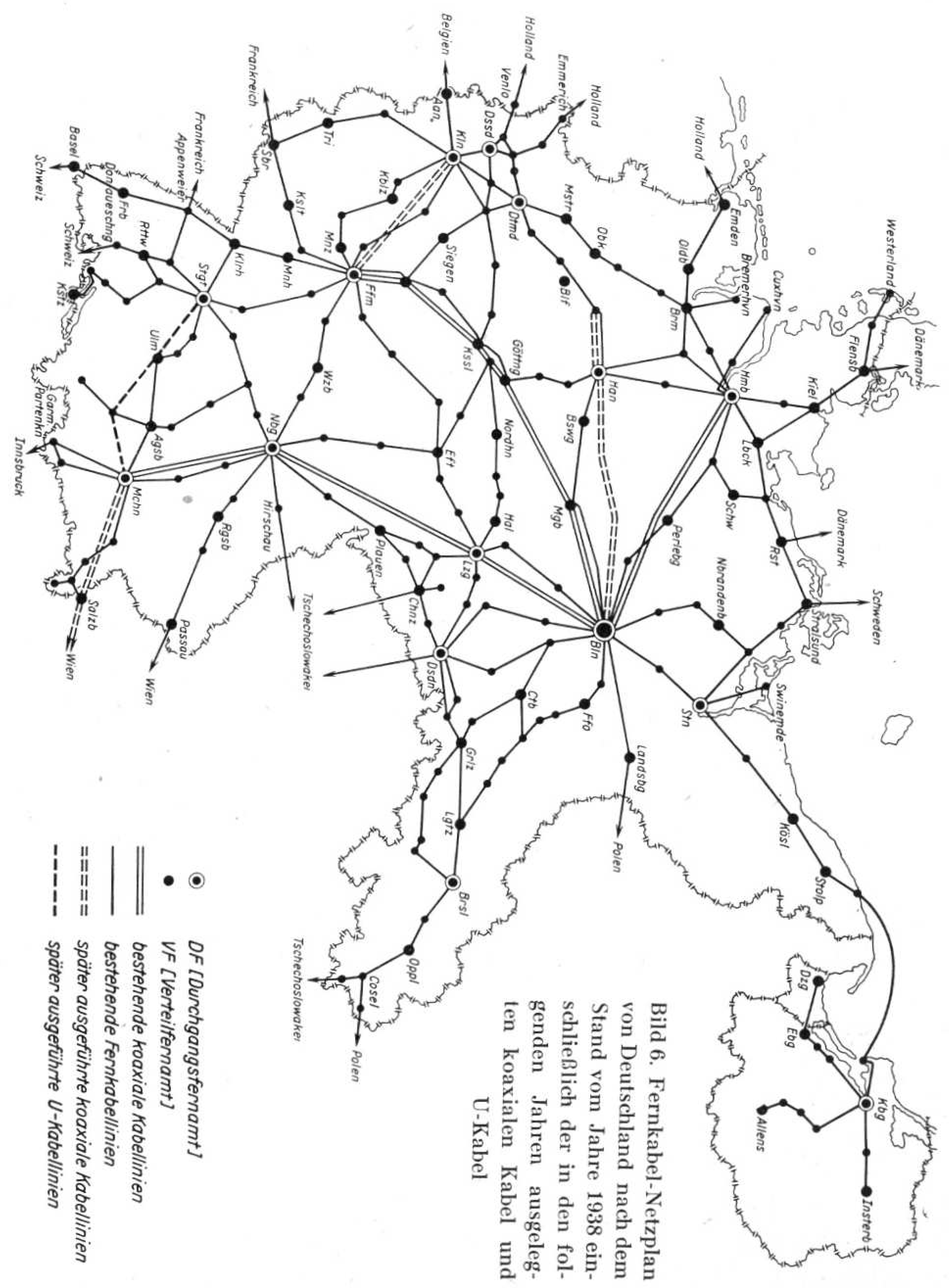


Bild 6. Fernkabel-Netzplan von Deutschland nach dem Stand vom Jahre 1938 einschließlich der in den folgenden Jahren ausgelegten koaxialen Kabel und U-Kabel

den bisher in Anspruch genommenen Frequenzbereich von 60 kHz hinaus in noch höheren Frequenzlagen ausgenutzt werden. Allerdings müssen die Verstärkerämter in diesem Fall infolge der höheren Leitungs-

dämpfung in geringeren Abständen als bei den bisherigen U-Leitungen (28 ... 42 km) errichtet werden. Da Untersuchungen der Deutschen Fernkabelgesellschaft in früheren Jahren gezeigt haben, daß die 0,9 mm starken unbespulten styroflexisolierten Sternvierer-Stammleitungen bei 180 kHz angenähert die gleiche Dämpfung wie die papierisolierten Stammleitungen bei 120 kHz (Bild 7) haben, lag zunächst der Gedanke nahe, bei der neuen Entwicklung ebenfalls Styroflex zu verwenden. Die hohen Kosten dieses Isolationsmaterials ließen jedoch die Wirtschaftlichkeit solcher Kabelanlagen im Vergleich mit den papierisolierten Leitungen so ungünstig erscheinen, daß die Verwendung von Styroflex zunächst nicht weiter in Betracht gezogen wurde.

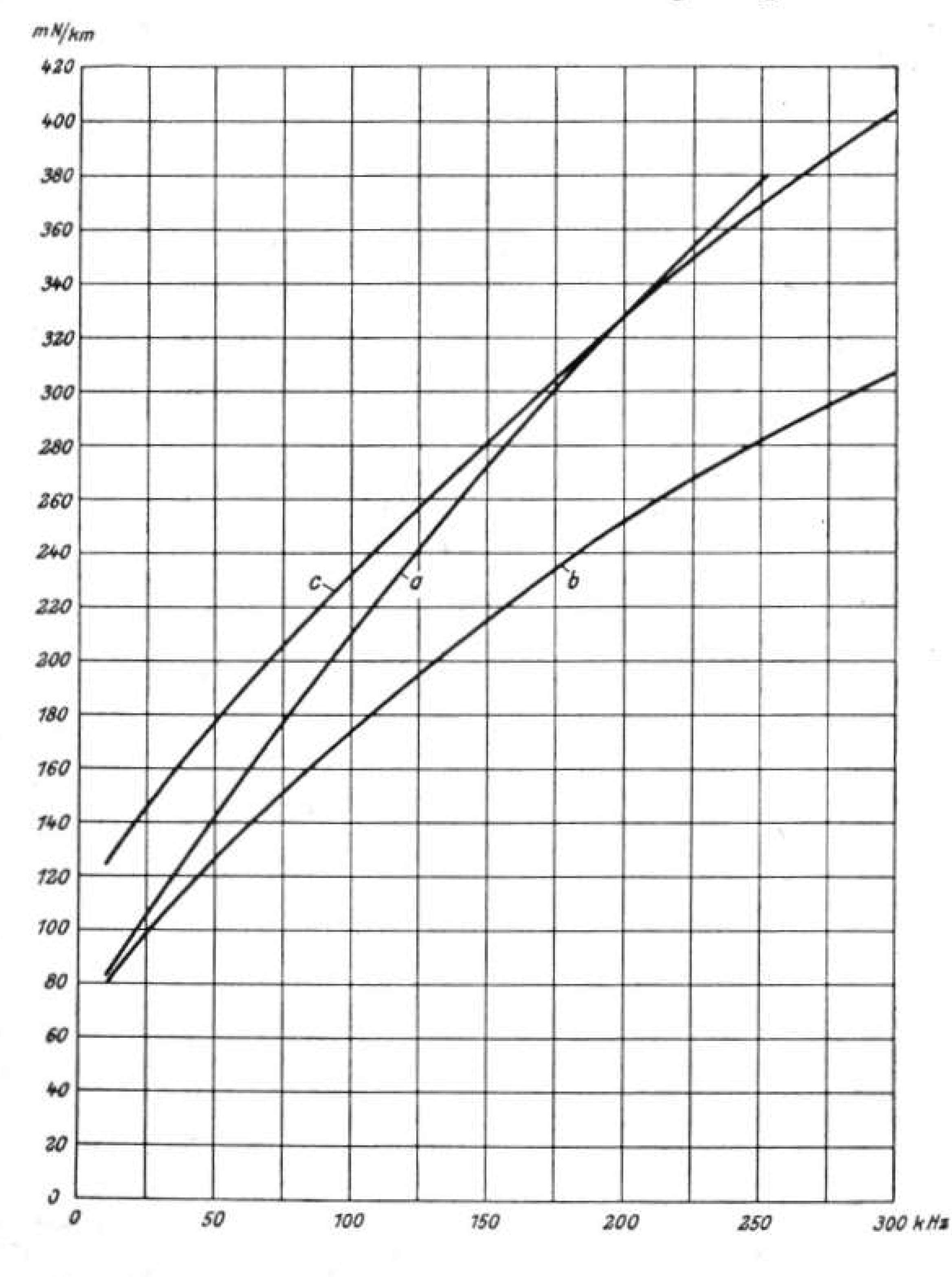


Bild 7. Dämpfung von unbespulten sternverseilten Fernkabelleitungen als Funktion der Frequenz
a = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Papierisolation
b = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Styroflexisolation
c = 0,9 mm Leitung (Cu) mit Styroflexisolation

a) CCIF-Empfehlungen für Tf-Kabelleitungen

Die Planung und die Gestaltung sowie der weitere Ausbau des internationalen europäischen Fernsprechnetzes wird vom Comité Consultatif International Téléphonique (CCIF) schon seit vielen Jahren bearbeitet. Nach den Empfehlungen dieses Comités in Montreux (1946), in Paris (1949) und in Florenz (1951) werden in Weitverkehrsnetzen künftig nur noch trägerfrequent ausgenutzte Leitungen vorgesehen; dabei werden für den Aufbau eines solchen neuzeitlichen trägerfrequenten Netzes sowohl symmetrische als auch koaxiale Leitungen empfohlen.

Für die symmetrischen Leitungen werden unbespulte Sternvierer empfohlen, die mit 12, 24, 36 oder 48 Kanälen in jeder Doppelader betrieben werden können. Entsprechend einem Trägerabstand von 4 kHz soll jeder Trägerfrequenz-Kanal (Tf-Kanal) ein Frequenzband von 300 . . . 3400 Hz wirksam übertragen. Beim Tf-System mit 12 Kanälen (V-12-System) liegen die Kanäle in der Frequenzlage 12 . . . 60 kHz, beim Tf-System mit 24 Kanälen (V-24-System) in der Frequenzlage 12 . . . 108 kHz entsprechend Bild 8. Durch Erweiterung

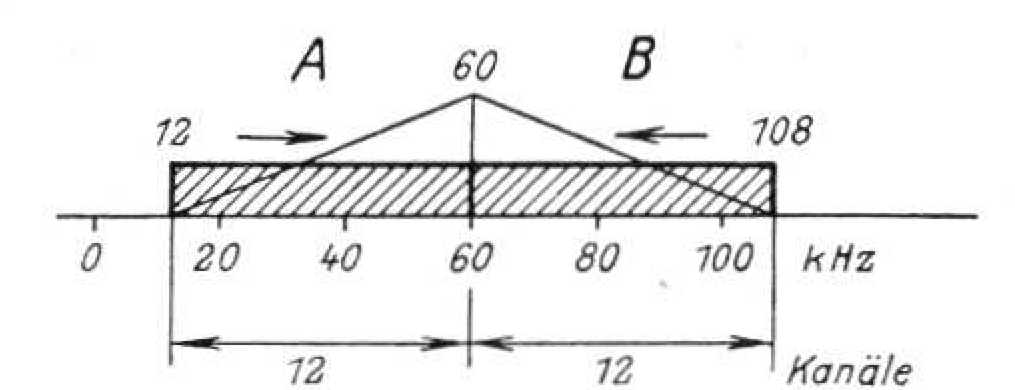


Bild 8. Frequenzplan des V-12- und des V-24-Systems

des Frequenzbandes des V-24-Systems um eine weitere Zwölfkanalgruppe in der Frequenzlage 108 . . . 156 kHz entsteht das V-36-System und in entsprechender Weise mittels einer weiteren Zwölfkanalgruppe 156 . . . 204 kHz das V-48-System (Bild 9). Wird diesem System eine

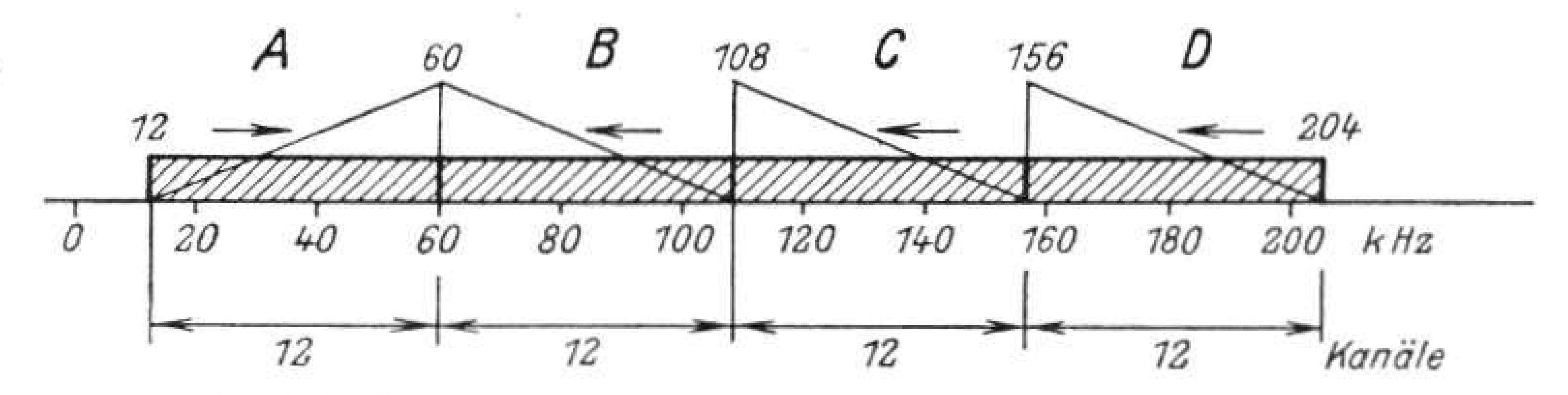


Bild 9. Frequenzplan des V-36- und des V-48-Systems

weitere Gruppe in der Frequenzlage 204 . . . 252 kHz hinzugefügt, so entsteht die vom CCIF in der Vollversammlung in Florenz (1951) empfohlene Übergruppe mit 60 Kanälen im Frequenzbereich 12 . . . 252 kHz (V - 60 - System). Die Tf - Leitungen sollen nach den CCIF-Empfehlungen einen Durchmesser von 1,3 mm oder 0,9 mm bei einer Betriebskapazität von 0,028 bzw. 0,033 μF/km aufweisen; der Scheinwiderstand der Leitungen soll 170 bzw. 150 Ohm bei 60 kHz betragen. Die Leitungsdämpfung eines Verstärkerfeldes mit diesen Leitungen soll im allgemeinen den Wert von 6,5 N nicht überschreiten, wobei jedoch in Ausnahmefällen bis zu 7,0 N Dämpfung zugelassen werden können. Für den Grundwert des Nebensprechens auf Leitungen der gleichen Übertragungsrichtung in einem Verstärkerfeld wird ein Wert von mindestens 8,0 N bei V-12-Systemen und von mindestens 7,5 N bei V-24-Systemen festgelegt.

Für die koaxialen Leitungen wird vom CCIF ein Aufbau empfohlen, der einen Kupfer-Innenleiter mit dem Durchmesser 2,6 mm und einen Kupfer-Außenleiter mit einem Innen-Durchmesser von 9,4 mm enthält. Das Verhältnis der Durchmesser Außenleiter : Innenleiter beträgt

3,6 und ist gleich dem Durchmesser-Verhältnis bei der früheren deutschen koaxialen Kabelform mit den Abmessungen 5/18 mm. Der Trägerabstand ist wie bei den symmetrischen Tf-Kabelleitungen 4 kHz, das im Kanal übertragene Frequenzband 300 ... 3400 Hz. Bei dem koaxialen Tf-System werden 5 Gruppen zu je 12 Kanälen zu einer Übergruppe von 60 Kanälen zusammengefaßt, für die ein Frequenzband von 240 kHz erforderlich ist. Bis zu 16 solcher Übergruppen sollen auf der koaxialen Leitung übertragen werden, und zwar in der Frequenzlage 60 ... 300, 312 ... 552, 564 ... 804 usf. mit Frequenzlücken von 12 und 8 kHz Breite (Bild 10). Die kilometrische Dämpfung der koaxialen Kabelleitung soll nicht größer sein als höchstens 470 mN/km bei der Frequenz

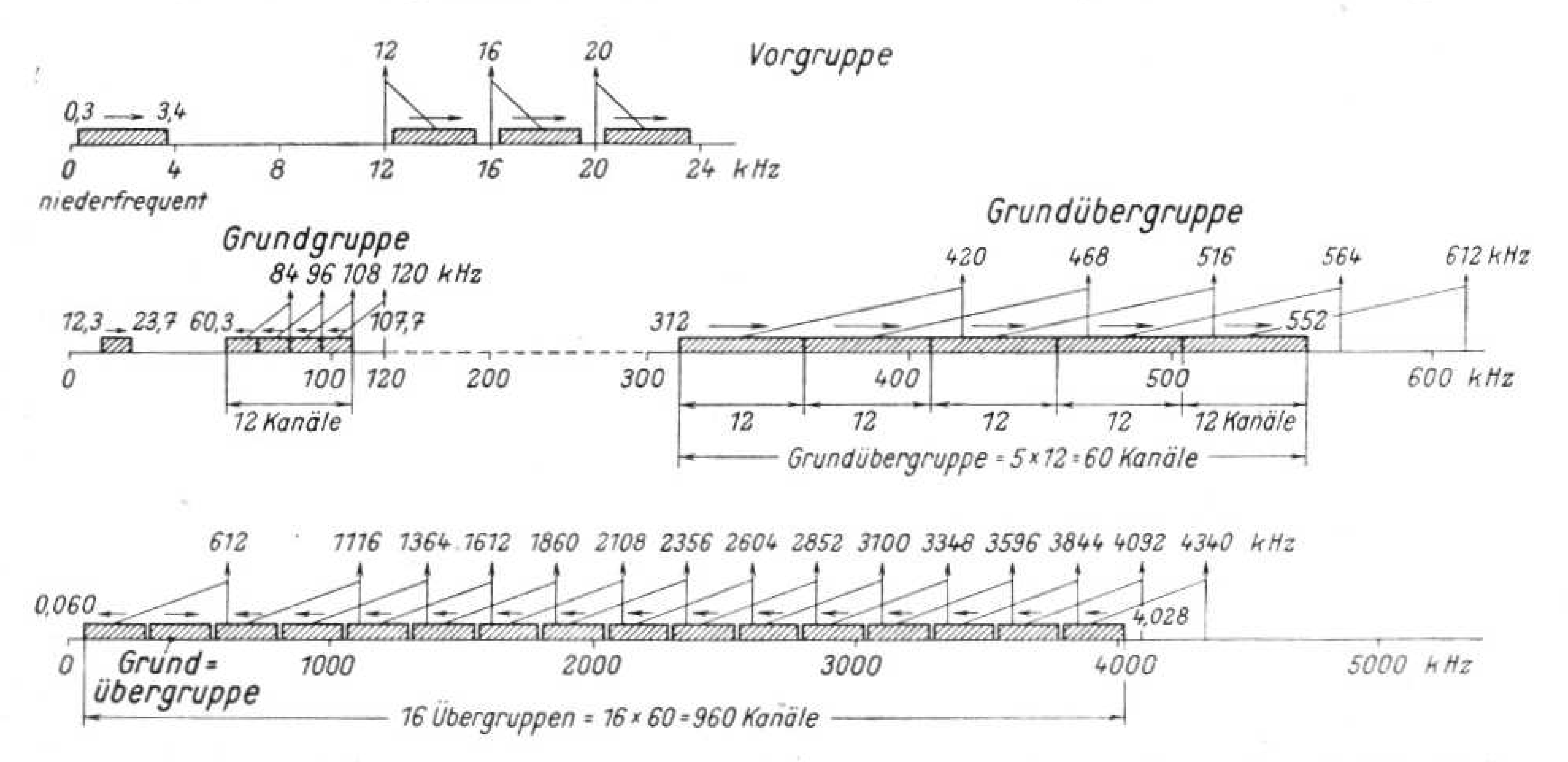


Bild 10. Frequenzplan des Vielkanalsystems mit 4 kHz Trägerabstand und 960 Vierdrahtkanälen und der koaxialen Kabelleitung 2,6/9,4 mm des CCIF

2500 kHz und einer Temperatur von 15° C. Bemißt man den Verstärkerabstand auf durchschnittlich 9,7 km (6 Meilen), so ist die wirksame Übertragung eines Frequenzbandes von 60 ... 2540 kHz für 10 Übergruppen oder 600 Vierdraht-Stromkreise auf einer solchen koaxialen Leitung möglich. Bei einer noch weiteren Ausdehnung des übertragenen Frequenzbandes bis zu 4028 kHz kann man die koaxiale Leitung mit insgesamt 16 Übergruppen oder 960 Vierdraht-Stromkreisen beschalten. Der Abstand der Verstärkerämter ist in diesem Fall auf 7 km herabgesetzt. Für den Scheinwiderstand der koaxialen Leitung ist der Wert 75 ± 1,5 Ohm bei der Frequenz 2500 kHz festgelegt. Der Grundwert der Fernnebensprechdämpfung zwischen 2 koaxialen Leitungen soll mindestens 9,8 N bei irgendeiner Frequenz im wirksam übertragenen Frequenzband betragen. Die Festlegung eines Grundwertes für die Nahnebensprechdämpfung wurde vom CCIF nicht für erforderlich gehalten, weil dieser Wert nach ausgeführten Messungen höher ist als der Grundwert der Fernnebensprechdämpfung.

b) Unterschied zwischen symmetrischer und koaxialer Technik

Der wirtschaftliche Unterschied zwischen der symmetrischen und koaxialen Technik liegt im wesentlichen darin, daß beim symmetrischen System ein höherer Aufwand für die Zwischenverstärker auftritt, während beim koaxialen System in den Endeinrichtungen ein zusätzlicher Aufwand zur Bildung und Frequenzverschiebung der Gruppen und Übergruppen bzw. zu deren Wiederauflösung entsteht. Bei langen koaxialen Kabellinien wird der Einfluß der Kosten der Endgeräte gegenüber den übrigen Kosten gering; bei kürzeren Entfernungen dagegen wird die Verwendung von symmetrischen Leitungen zweckmäßiger und wirtschaftlicher. Da der Unterschied zwischen der symmetrischen und koaxialen Technik — wirtschaftlich gesehen — nach durchgeführten Untersuchungen nicht wesentlich ist, wurde dieser Unterschied nicht mehr als entscheidend für die Anwendung des einen oder des anderen Systems angesehen. Andere Gesichtspunkte dagegen tragen mehr dazu bei, diese Entscheidung zu erleichtern.

In der modernen Tf-Technik wird auf den Kabelleitungen eine große Anzahl von trägerfrequenten Kanälen geschaltet, in Gruppen zu 12 oder mehr Kanälen. Durch die Einführung der Landesfernwahl wird der Selbstwählverkehr auf große Entfernungen ausgedehnt und es werden sowohl große Leitungsbündel für die auf dem normalen Weg hergestellten Verbindungen als auch kleinere Leitungsbündel für Querverbindungen erforderlich. Es ist daher notwendig, Leitungsbündel verschiedener Größe an den Kreuzungspunkten der Kabellinien in beliebiger Richtung trägerfrequent weiterschalten zu können. Die zahlenmäßige Größe dieser Leitungsbündel hängt von der Struktur des Fernsprechnetzes, von dem zur Anwendung kommenden System der Landesfernwahl und von der Verkehrsentwicklung ab.

Sind große Leitungsbündel über große Entfernungen hinweg bei dem Ausbau eines Fernsprechnetzes erforderlich und tritt die Notwendigkeit der Ein- und Ausschaltung von einzelnen Gruppen nur an wenigen Punkten im Zuge einer längeren Tf-Leitung ein, so ist die Anwendung des koaxialen Systems ohne Zweifel gerechtfertigt und auch von wirtschaftlichem Vorteil.

Bei der Art und Gestaltung des deutschen Fernsprechnetzes ist aber mit vielen und verhältnismäßig nahe liegenden Verkehrsknotenpunkten zu rechnen. Es erscheint daher zweckmäßiger Tf-Systeme anzuwenden, die die Einführung und Ausführung von kleineren oder größeren Leitungsbündeln in einfacher und wirtschaftlicher Weise zulassen. Auf Grund ihrer langjährigen Erfahrungen im Aufbau, in der Unterhaltung und im Betrieb eines großen koaxialen Fernsprech- und Fernsehkabelnetzes hat sich die Deutsche Bundespost entschlossen, bei dem für die nächste Zeit zu erwartenden Verkehrsumfang der symmetrischen Technik den Vorzug zu geben wegen der in Deutschland vorliegenden Netzgestaltung und der wesentlich beweglicheren, anpassungsfähigeren und

einfacheren Technik bei der Bildung und Weiterschaltung von Leitungsgruppen verschiedener Art und Größe.

c) Die deutschen Tf-Weitverkehrsleitungen

Für den Aufbau eines neuen Weitverkehrsnetzes wurden daher besondere symmetrische Tf-Kabelleitungen mit einem dazugehörigen Tf-System entwickelt. Auf Grund der zahlreichen Erfahrungen mit unbespulten und in kurzen Abständen bespulten Leitungen in Stern-Viererverseilung werden für die neuen Tf-Leitungen — abweichend von den CCIF-Empfehlungen — die bisher angewendeten 1,2 mm starken aus Kupfer hergestellten papierisolierten Sternvierer vorgeschrieben. Mit 12 Sternvierern wird entsprechend Bild 11 ein 24paariges Tf-Kabel mit nachstehenden Eigenschaften aufgebaut: Für die Betriebskapazität der Stammleitungen wird nur ein Höchstwert von 0,028 μF/km gefordert, dagegen wird großer Wert auf gute Einhaltung der Sollkurve des

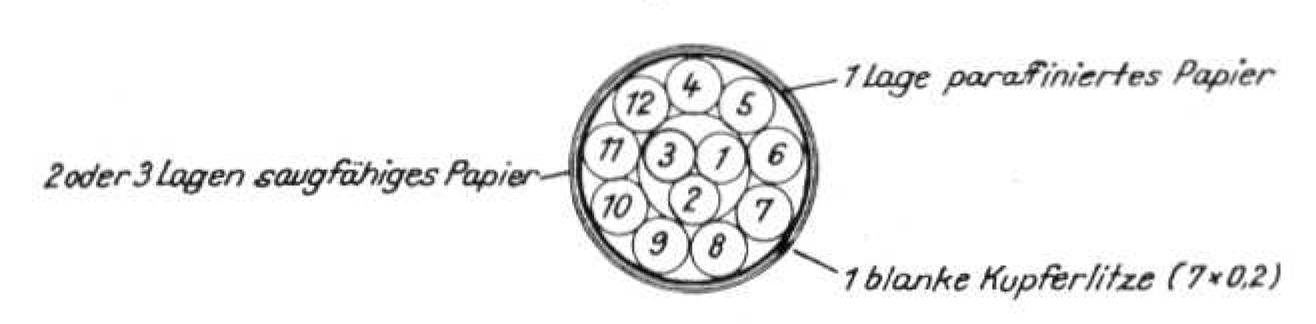


Bild 11. Tf-Weitverkehrskabel der Form 24b

Wellenwiderstandes gelegt. Diese Sollkurve ist für den Frequenzbereich 12 . . . 252 kHz in seinem realen und imaginären Teil festgelegt, wobei für die Werklängen eine Toleranz von $\pm$ 5 % zugelassen wird. Die Leitungsdämpfung der Stammleitungen darf bei 252 kHz den Höchstwert von 350 mN/km nicht überschreiten und soll möglichst den Richtwert von 325 mN/km erreichen. Der frequenzabhängige Verlauf der Leitungsdämpfung und des Wellenwiderstandes dieser neuen Tf-Leitungen kann aus Bild 12 und 13 entnommen werden. Für das Nebensprechen sind keine Kopplungswerte bei den Werklängen angegeben, sondern lediglich die entsprechenden Fern- und Nahnebensprech-Dämpfungswerte. Bei der Meßfrequenz 240 kHz wird für das Fernnebensprechen ein Garantiewert von $\geq$ 8,7 N und für das Nahnebensprechen ein Garantiewert von $\geq$ 7,3 N für 90 % der Werte gefordert, während für die restlichen 10 % geringere Nebensprech-Dämpfungswerte zugelassen sind, und zwar $\geq$ 7,7 N bzw. $\geq$ 6,3 N. Die um 0,7 N höher liegenden Garantiewerte für die Meßfrequenz 120 kHz sind von den Kabelwerken anzustrebende Richtwerte für die Meßfrequenz 240 kHz. Für das fertig montierte und ausgeglichene Verstärkerfeld werden für die Meßfrequenz im Bereich bis 252 kHz und für eine normale Verstärkerfeldlänge von 19 km Fernnebensprech-Dämpfungswerte von $\geq$ 8,5 N und Nahnebensprech-Dämpfungswerte von $\geq$ 7,0 N für 90 % der Werte verlangt, während für die restlichen 10 % Nebensprechwerte von $\geq$ 8,2 N bzw. $\geq$ 6,5 N zugelassen werden.

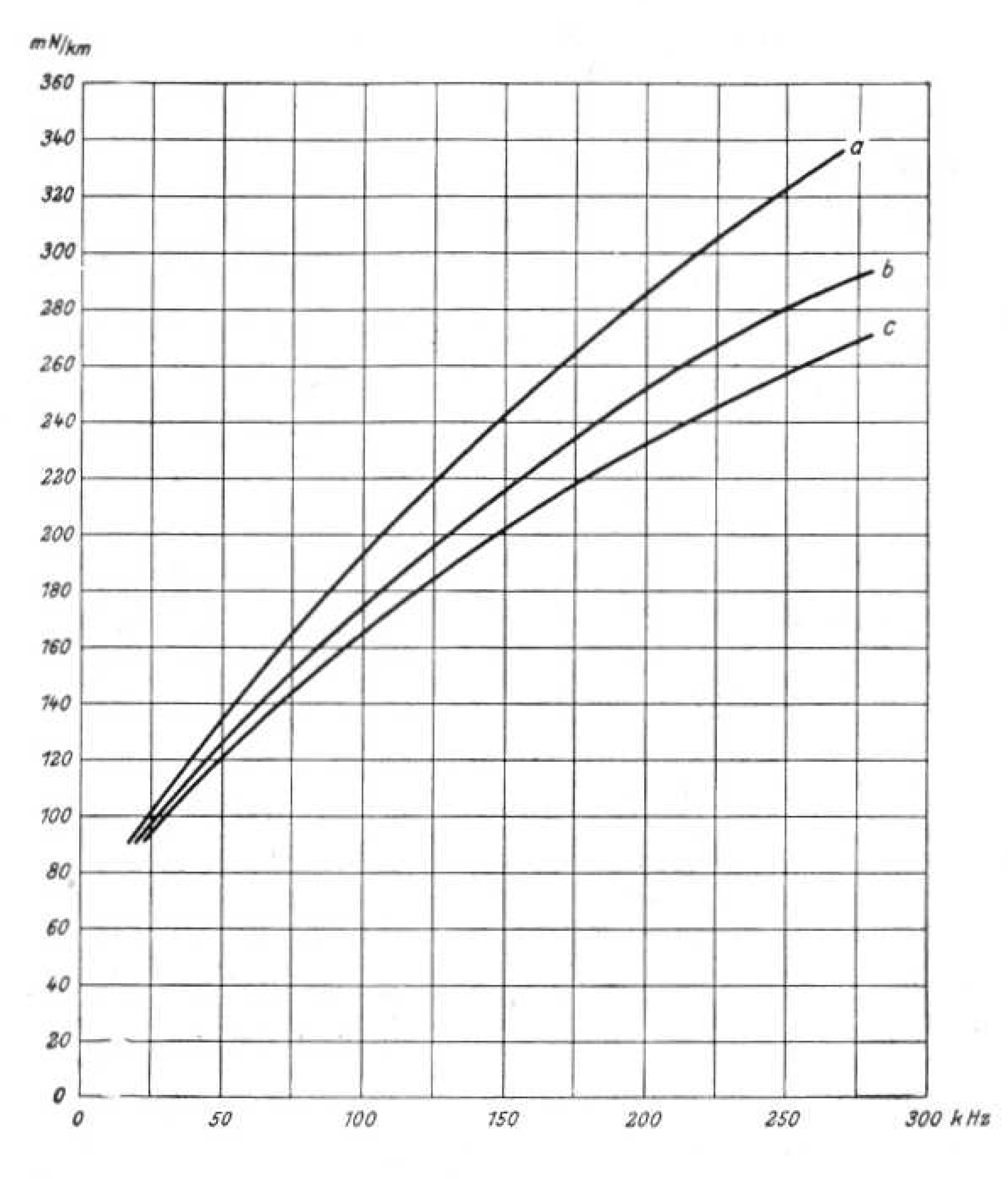


Bild 12. Dämpfung von unbespulten sternverseilten Tf-Weitverkehrsleitungen als Funktion der Frequenz
a = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Papierisolation
b = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Styroflexisolation
c = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Schaumstoffisolation

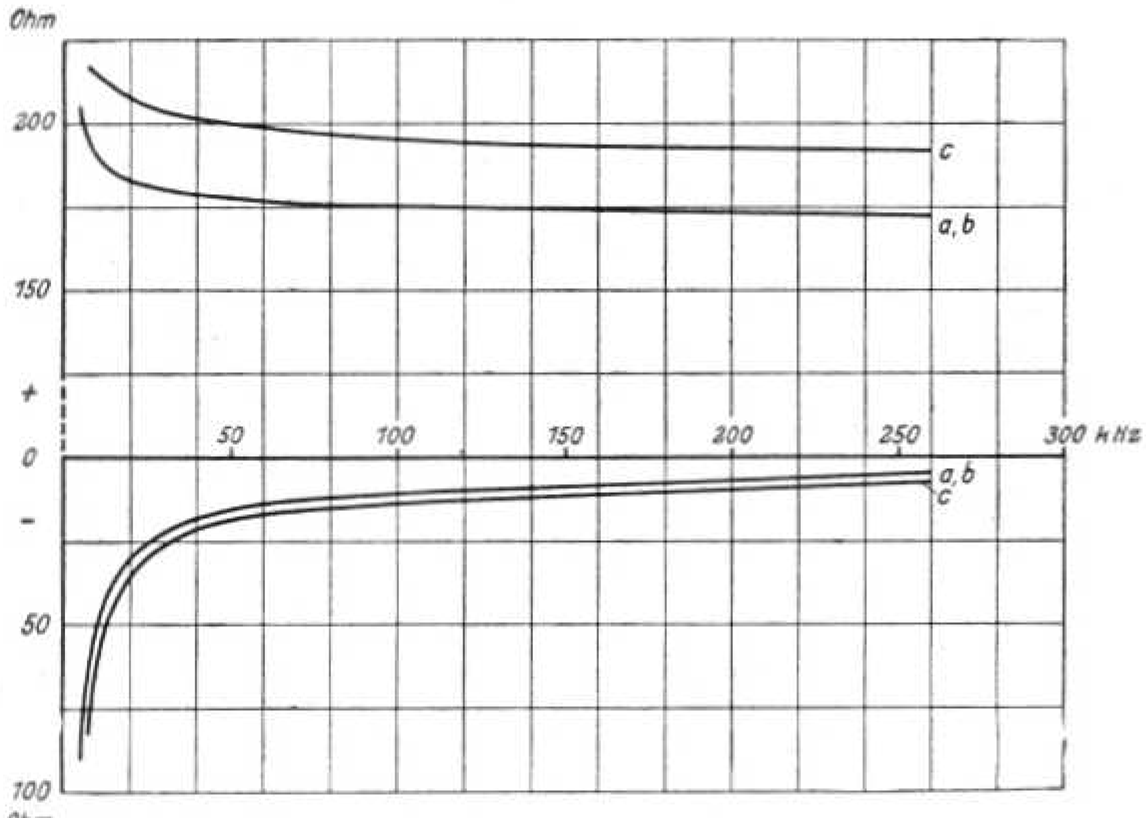


Bild 13. Wellenwiderstand von unbespulten sternverseilten Tf-Weitverkehrsleitungen als Funktion der Frequenz
a = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Papierisolation
b = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Styroflexisolation
c = 1,2 mm Leitung (Cu) mit Schaumstoffisolation

Die Phantomkreise der Sternvierer sind für Rundfunkübertragungszwecke vorgesehen, und zwar im Bereich von 50 . . . 10 000 Hz. Die mit Schnarrer gemessenen Nebensprech-Dämpfungswerte dieser Phantomkreise sollen bei einer Verstärkerfeldlänge von 37,5 km $\geq$ 10,5 N für Fernnebensprechen und $\geq$ 9,5 N für Nahnebensprechen betragen.

Wie Messungen der Fernnebensprechdämpfungen zwischen den Stämmen der ersten verlegten Tf-Leitungen in verschiedenen Verstärkerabschnitten ergeben haben, liegen die höchsten und niedrigsten Werte nach dem Ausgleich zwischen 12,4 und 8,0 N; dabei ist durch

diesen Fernnebensprechausgleich praktisch keine Verschlechterung der Nahnebensprech-Dämpfungswerte eingetreten. Die in dem derzeitigen Pflichtenheft für Tf-Kabel geforderten noch höheren Fernnebensprech-Dämpfungswerte von $\geq$ 8,5 N lassen sich ohne wesentliche Schwierigkeiten erreichen und gewährleisten damit, daß die vom CCIF gestellten Geräuschbedingungen eingehalten werden.

Auf den Stammleitungen dieser Tf-Kabel können mittels des V-60-Systems 60 Kanäle mit 4 kHz Trägerabstand in der Frequenzlage 12 ... 252 kHz übertragen werden (Bild 14 a). Bei den deutschen Ge-

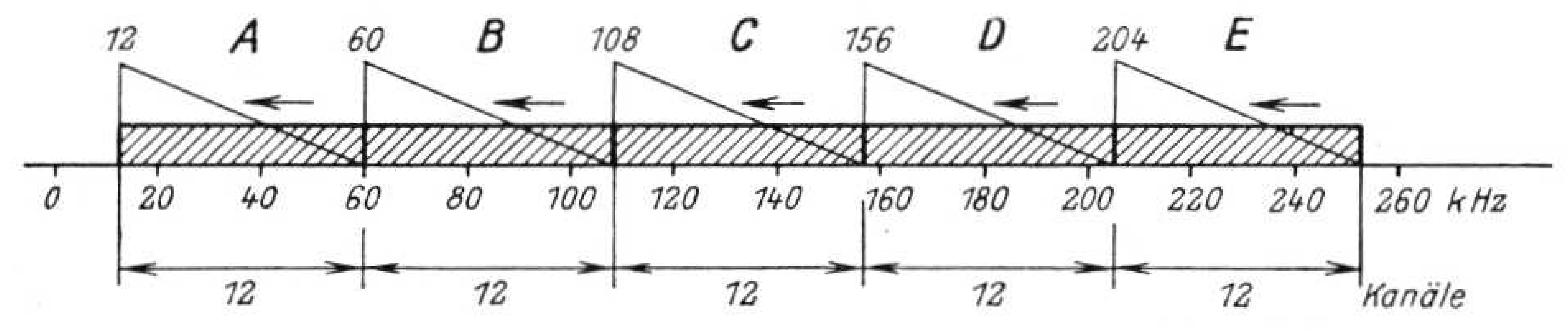


Bild 14 a. Frequenzplan des V-60-Systems nach CCIF-Empfehlungen

räten kann in einfacher Weise auch die erste Gruppe mit 12 Kanälen in der Frequenzlage des V-48-Systems gebracht werden, wodurch erreicht wird, daß das deutsche Tf-System sowohl für die Übertragung einer Übergruppe mit 60 Kanälen in das koaxiale System als auch für die Weiterführung von Gruppen des V-48-Systems geeignet ist (Bild 14 b).

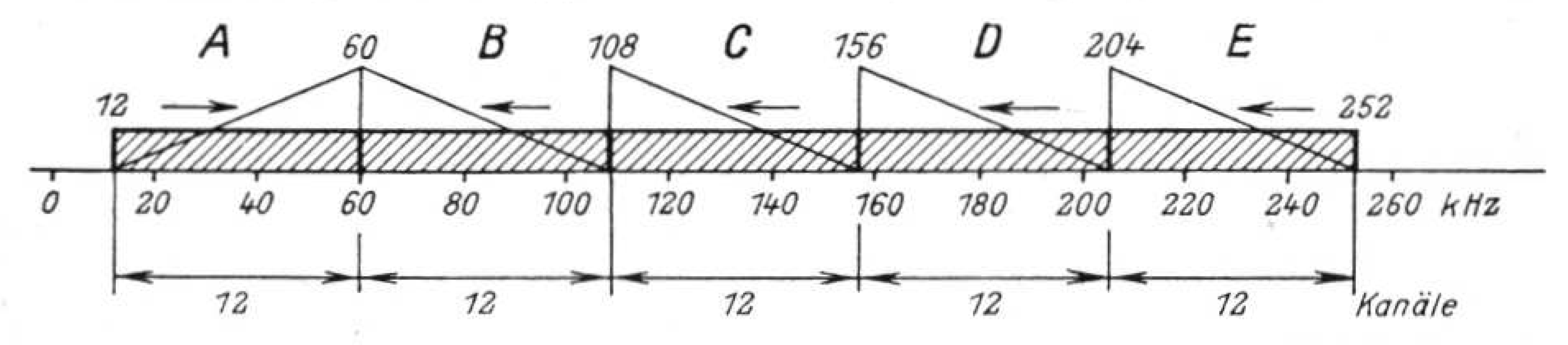


Bild 14 b. Frequenzplan des V-60-Systems für Übergang auf das V-48-System

Um das reflektierte Nahnebensprechen möglichst gering zu halten, ist eine gute Anpassung des Zwischenverstärkers an den Wellenwiderstand des Tf-Kabels zu erstreben, insbesondere bei den höheren Frequenzen, weil die Nahnebensprechdämpfung mit zunehmender Frequenz sinkt. Als Höchstwert für die Reflexionsfaktoren p am Eingang und Ausgang der Verstärker gegen den Wellenwiderstand der Tf-Leitungen wurde für die Frequenz f (in kHz) die Beziehung festgelegt:

$$p = 0{,}15 \cdot \left(1 + \frac{252 - f}{240}\right).$$

Bei der hohen Ausnutzung dieser Tf-Kabel — bei voller Beschaltung können auf einem Doppelkabel 1440 Vierdraht-Stromkreise gebildet werden — wurde es für erforderlich gehalten, Maßnahmen zu treffen, um auftretende Störungen dieser Kabel, insbesondere Beschädigungen des Bleimantels, möglichst frühzeitig zu erkennen und deren

Beseitigung einzuleiten, damit eine längere Außerbetriebsetzung des Kabels vermieden wird. Es wurde daher bei den in letzter Zeit hergestellten Tf-Kabeln ein besonderes Prüfleitersystem angebracht, das aus einer blanken Kupferlitze mit 7 × 0,2 mm starken Drähten besteht, die isoliert gegen die Kabeladern und gegen den Bleimantel angeordnet ist (Bild 11) und den jeweiligen Isolationszustand des Kabels erkennen läßt. Dieser Litzendraht soll einen Gleichstromwiderstand von 140...170 Ohm/km aufweisen und einer Spannungsprüfung mit 500 Volt effektiver Wechselspannung (50 Hz) gegen den Bleimantel (bei hochspannungsbeeinflußten Kabeln mit 1800 Volt effektiver Wechselspannung) unterzogen werden, die mindestens 2 Minuten aufrechterhalten wird. Um eindringende Feuchtigkeit möglichst frühzeitig anzuzeigen, wird saugfähiges Papier bei der Isolierung des Prüfleiters verwendet.

Da die Dämpfung der Tf-Leitungen von der Temperatur abhängig und innerhalb eines Verstärkerfeldes verhältnismäßig hoch ist (bis zu 7,0 N), werden in Abständen von je 75 km, also in jedem 4. Verstärkeramt, besondere Temperaturentzerrer beim V-60-System zum Ausgleich der Kabeldämpfung eingebaut.

Nach den CCIF-Empfehlungen soll die Geräuschleistung bei symmetrischen Tf-Leitungen in gleicher Weise wie bei den koaxialen Kabelleitungen den Betrag von 3 pW/km am relativen Pegel Null der hochfrequenten Leitung nicht überschreiten. Die Geräusche in den symmetrischen Tf-Leitungen werden hauptsächlich durch die Grundgeräusche (Wärme- und Röhrenrauschen), durch das Klirrgeräusch (nichtlineares Nebensprechen) und durch das Nebensprechgeräusch (lineares Nebensprechen) verursacht. Die Ergebnisse von Geräuschmessungen an verschiedenen Verstärkerfeldern haben gezeigt, daß die vom CCIF empfohlenen Werte bei den mit dem V-60-System ausgerüsteten symmetrischen Tf-Leitungen eingehalten werden.

Gegenüber den niederfrequent betriebenen Leitungen stellen die Tf-Leitungen höhere Anforderungen an die Nebensprechdämpfungen, da in dem weiten Frequenzbereich nicht nur die kapazitiven Kopplungen, sondern auch die magnetischen Kopplungen zu berücksichtigen sind. Der niedrige Wellenwiderstand der unbespulten Leitungen bewirkt zwar eine Erhöhung der Leitungsströme und damit eine Verstärkung der magnetischen Kopplungen, aber gerade dadurch tritt eine weitgehende gegenseitige Kompensation der kapazitiven und magnetischen Kopplungen beim Sternvierer ein. Ferner wird durch sorgfältig gewählte verschiedene Drall-Längen, durch hohe Gleichmäßigkeit der Leiterstärken, der Kordel und der Isolation (Papier) und durch zweckmäßige Wahl der Verseilung schon bei der Herstellung der Tf-Leitungen eine wesentliche Verbesserung der Eigenschaften erreicht. Doch dies genügt noch nicht für alle an diese Leitungsart zu stellenden Anforderungen. Es werden daher auf der Baustrecke bei der Montage der Kabel noch Ausgleichsmaßnahmen vorgenommen, um die gestellten Forderungen an die elektrischen Eigenschaften der Kabel vollständig zu erfüllen. Für den Umfang dieses Ausgleichs, der meist kapazitiver, in manchen

Fällen auch komplexer Art ist, ist die Zahl der Kopplungskombinationen von wesentlicher Bedeutung; beim 24paarigen Tf-Kabel ergeben sich $^1/_2 \cdot n\,(n - 1) = 276$ Kombinationen. Diese Zahl erhöht sich sehr schnell bei höherpaarigen Kabeln (z. B. bei 32 Doppeladern 496 Kombinationen) und hat dadurch eine Vermehrung der Ausgleichsarbeiten und der in der Kondensatormuffe unterzubringenden Ausgleichskondensatoren und damit eine wesentliche Steigerung der Ausgleichskosten zur Folge; außerdem werden auch die Schwierigkeiten bei der Unterhaltung und der Störungsbeseitigung der Kabel vermehrt.

Bei den Tf-Kabeln wird nach Prüfung der verschiedenen vorgeschlagenen Ausgleichsmethoden folgendes Verfahren angewendet. In Abständen von 300 m, d. h. an jeder normalen Lötstelle, werden bei allen Vierern systematische Kreuzungen vorgenommen, und zwar im Wechsel entweder Kreuzungen der a- und b-Ader einer Stammleitung oder Kreuzung der Stammleitungen gegeneinander im gleichen Vierer. Ferner sind noch zusätzliche Kreuzungen im Abstand von etwa 3 . . . 4 km vom Verstärkeramt in besonderen Kondensatormuffen und außerdem in der Mitte des Verstärkerfeldes nach b_{gl}-Werten vorgesehen. Die Restkopplungen werden schließlich in diesen Kondensatormuffen konzentriert ausgeglichen.

Als Ausgleichselement ist zunächst ein Kondensatordraht verwendet worden, der auf der Baustelle auf den erforderlichen Kondensatorwert zugeschnitten wird. Nach den elektrischen Anforderungen an diesen Draht müssen die zeitlichen und die durch Temperaturunterschiede bedingten Schwankungen der Kapazitätswerte unter 1 $^0/_0$ bleiben; auch darf bei längerer Lagerung des Drahtes keine Feuchtigkeitsaufnahme und keine dadurch etwa bedingte Änderung des Kapazitätswertes eintreten. In neuerer Zeit ist man zur Verwendung von keramischen Ausgleichskondensatoren übergegangen, die in kleineren Abmessungen als der Kondensatordraht hergestellt werden können. Dadurch wird die Montage in den Kondensatormuffen einfacher, die fertiggespleißte Muffe kleiner und die in der Muffe zusätzlich auftretenden Kopplungen geringer.

III. Neuere Netzgestaltung in West-Deutschland

Nach den Empfehlungen des CCIF ist die vielfach ausgenutzte Tf-Leitung der symmetrischen oder koaxialen Technik die alleinige Grundlage für den künftigen Netzaufbau im Fernsprechweitverkehr. Obwohl das bisher ausgelegte Fernkabelnetz, wie Bild 6 zeigt, schon seit langer Zeit in mehr oder minder großem Umfang trägerfrequent ausgenutzt wurde, hatte diese Empfehlung des CCIF doch noch eine weitgehende Umstellung im Weitverkehrsnetz zur Folge. Nach den in den Jahren 1948 . . . 49 durchgeführten Messungen und Untersuchungen kann man die bisherigen Fernkabelleitungen zum großen Teil — nach Entspulung und zusätzlichem Ausgleich — trägerfrequent bis zu 120 kHz ausnutzen, aber — abgesehen von der nur beschränkten Möglichkeit dieser Ausnutzung wegen der fast vollständigen Belegung der Fernkabel — war eine

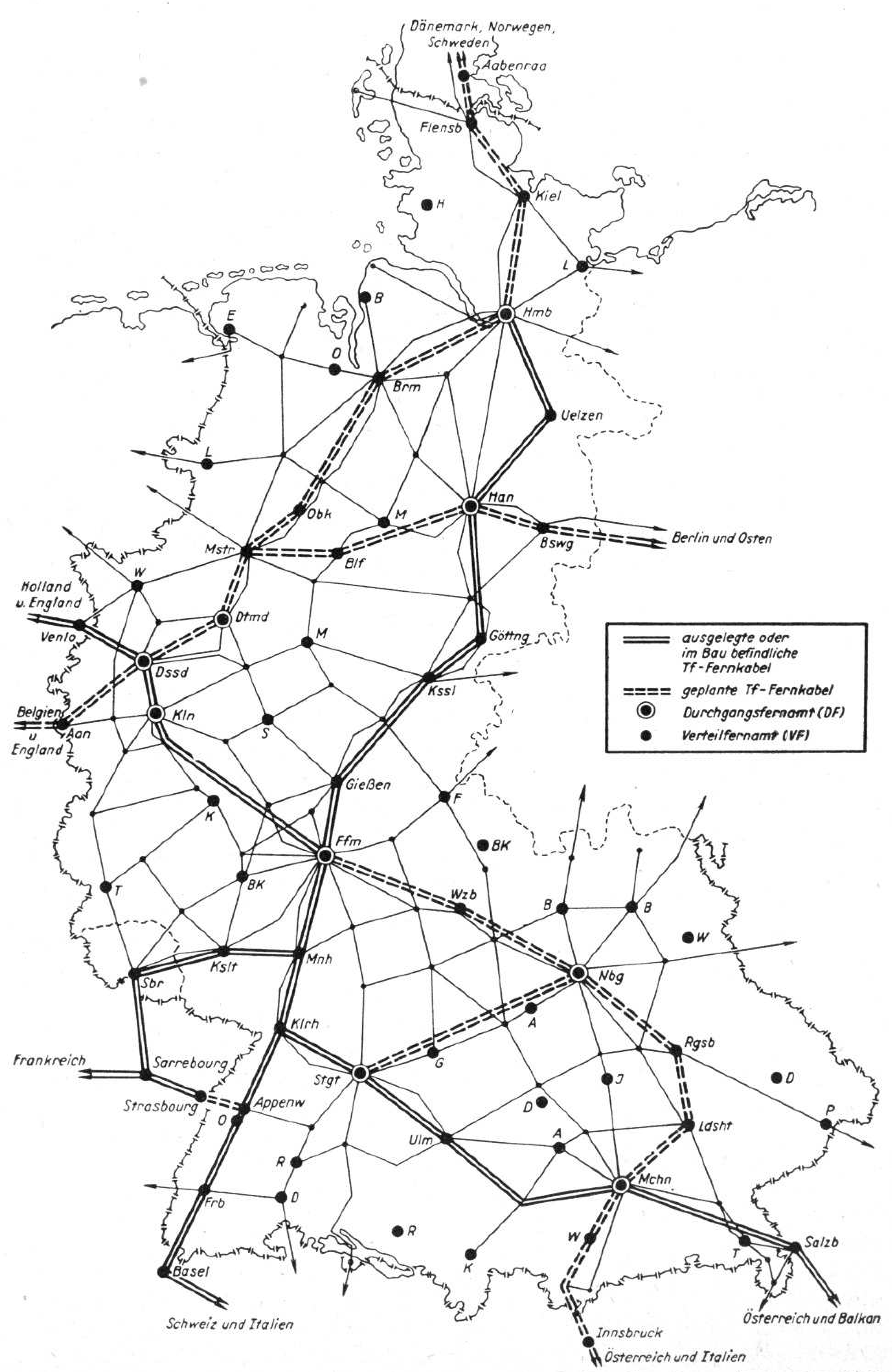


Bild 15. Fernkabel-Netzplan von West-Deutschland nach dem Stand vom September 1952

wesentlich stärkere Vermehrung der Stromkreise für den rasch ansteigenden Fernsprechweitverkehr dringend erforderlich. Es mußte daher ein vollständig neues trägerfrequentes Fernsprechnetz aufgebaut werden, das die Schaltung von großen Leitungsbündeln zwischen den größeren Verkehrszentralen ermöglichte. Bild 15 zeigt dieses zur Zeit noch nicht vollständig hergestellte Tf-Netz für den Fernsprechweitverkehr. Ein Bestandteil dieses Netzes ist die koaxiale Fernkabellinie Hamburg — Hannover — Frankfurt/Main, die durch eine Umschwenkung der früheren koaxialen Kabel Hamburg — Berlin, Minden — Hannover — Berlin, Frankfurt/Main — Berlin und Frankfurt/Main — Köln entstanden ist. Da auf dieser koaxialen Linie keine Fernsehübertragungen stattfinden, sind auf dieser Strecke zur Zeit 300 Fernsprech-Vierdrahtkanäle mit einem übertragenen Frequenzband 300 . . . 2700 Hz im Frequenzbereich 90 . . . 1020 kHz eingerichtet worden. Wie man bei einem Vergleich der beiden Übersichtspläne in Bild 6 und 15 erkennt, hat sich der Charakter des bisherigen deutschen Weitverkehrsnetzes sehr wesentlich geändert. Während früher die Hauptlinien des Netzes von Berlin aus gingen und damit ein in der Hauptsache sternförmiges Netzgebilde darstellten, mußte das neue Weitverkehrsnetz für Westdeutschland nach völlig anderen Gesichtspunkten aufgebaut werden. Da in Westdeutschland keine Stadt alle Funktionen einer Hauptstadt wie früher Berlin in sich vereinigt, ergab sich als maßgebende Grundlage für die Gestaltung des Fernsprechnetzes die Verbindung der großen Durchgangsfernämter (DF), wobei auch die Einbeziehung möglichst vieler Verteilfernämter (VF) die Kabelführung beeinflußte. Damit änderte sich die früher mehr in Richtung Ost-West liegende Tendenz der großen Hauptverkehrslinien in eine vor allem in Richtung Nord-Süd verlaufende Orientierung. Es liegen, abgesehen von den 7 Durchgangsfernämtern, 32 Verteilfernämter (von im ganzen 67 VF) im Zuge der neuen Tf-Linien, die übrigen VF werden durch die Leitungen des bisherigen Fernkabelnetzes oder durch Zubringer-Tf-Systeme (z. B. Z 12_K-Systeme), die auf geeigneten entspulten Fernkabelleitungen eingesetzt werden, an das Weitverkehrsnetz angeschlossen, wie im Bild 15 angedeutet ist. Auf diese Weise ergibt sich ein mehr maschenförmiges Netzgebilde, an das die in benachbarte Länder laufenden Tf-Linien angeschlossen werden. So ist für den Anschluß des Auslandes die Auslegung von Tf-Kabeln auf den Strecken Düsseldorf — Venlo mit den Niederlanden, Mannheim — Saarbrücken — Paris mit Frankreich, Karlsruhe (B) — Basel mit der Schweiz und Hamburg — Flensburg — Kolding mit Dänemark vereinbart.

Durch die Übernahme der längeren Fernleitungen in das Tf-Weitverkehrsnetz wird das bestehende bisherige Fernkabelnetz entsprechend entlastet. Infolge der starken Zunahme des Fernsprechverkehrs in der Bezirksebene tritt die Notwendigkeit einer wesentlichen Verstärkung des Bezirksleitungsnetzes auf. Zu diesem Zweck können die freigewordenen oder noch freiwerdenden Fernkabelleitungen verwendet werden; um auch hier stärkere Leitungsbündel zu schaffen, ist vorgesehen, die für eine trägerfrequente Ausnutzung geeigneten freien Fern-

kabelleitungen mit hochwertigen Zweidraht-Tf-Systemen für den Anschluß von VF an das Tf-Netz zu beschalten, die ein Frequenzband von 6 ... 54 und von 60 ... 108 kHz für die beiden Übertragungsrichtungen belegen. Ferner werden im Bedarfsfall auch Bezirks- und Netzgruppenkabelleitungen entspult und mit besonderen Netzgruppen-Tf-Systemen (Z 6 N) ausgerüstet. Dieses Z 6 N-System ermöglicht die Schaltung von 6 Vierdrahtkanälen mit einem übertragenen Frequenzband von 300 ... 3400 Hz, die mit einem Trägerabstand von 8 kHz einen Frequenzbereich von 6 ... 108 kHz für die beiden Übertragungsrichtungen belegen (Bild 16). Dieses System wird vor allem in der Netz-

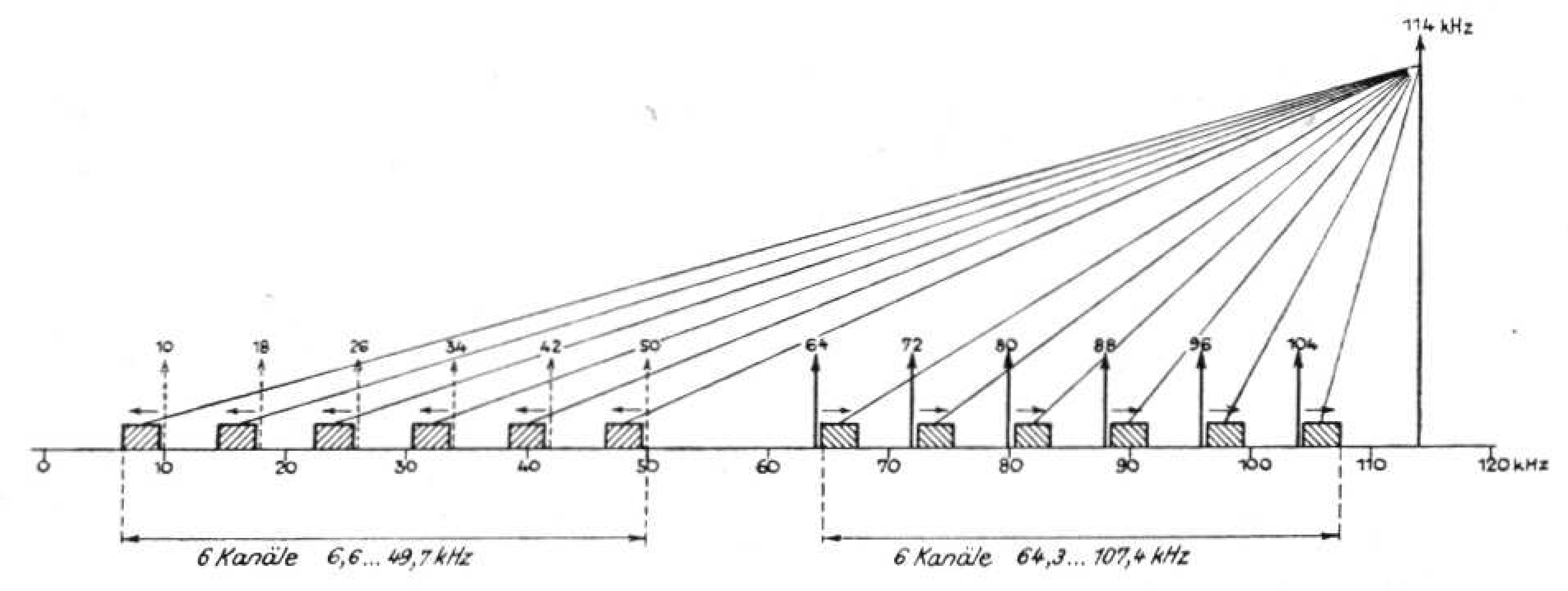


Bild 16. Frequenzplan des Netzgruppen-Tf-Systems (Z 6 N-System)

gruppenebene für Verbindungen zwischen Hauptamt (VF) und Knotenamt (KA), zwischen Hauptamt und Ortsamt (OA) und u. U. auch zwischen zwei Hauptämtern verwendet.

IV. Weitere Entwicklungsmöglichkeiten der symmetrischen Tf-Leitungen

Da das als Isolationsmaterial für die Kabelleitungen verwendete Papier eine hohe Dielektrizitätskonstante aufweist, wurde bei den in kurzen Abständen bespulten Kabelleitungen (K-Leitungen) schon mit Erfolg versucht, durch Verwendung von Styroflex dem theoretisch günstigsten Wert der Dielektrizitätskonstante $\varepsilon = 1{,}0$ (Luft) möglichst nahe zu kommen. Infolge der hohen Kosten dieses Materials war seine Verwendung als Ersatz für Papier in größerem Umfang aus wirtschaftlichen Gründen nicht ratsam. Wesentlich aussichtsreicher erschienen Vorschläge, die 1,2 mm starken Kupferleiter der Tf-Sternvierer mit einem etwa 5 mm breiten und 0,65 ... 0,80 mm starken Polystyrol-Schaumstoffband als Abstandshalter zu umspinnen. Damit ist in wirtschaftlicher Weise die Möglichkeit gegeben, von der Papierisolation zu porösem Isolierstoff aus Polystyrol überzugehen, das ähnliche Eigenschaften wie das Styroflex zeigt, also niedrige Dielektrizitätskonstante und kleinen Verlustwinkel, aber wesentlich günstiger hinsichtlich der Kosten liegt. Auf diese Weise können Tf-Kabel mit gleichem Durchmesser wie bei

Papierisolation, jedoch mit beträchtlich geringerer Dämpfung hergestellt werden. Die Dämpfung der Schaumstoff-Kabelleitung beträgt bei der Frequenz 252 kHz etwa 255 mN/km gegenüber einem Wert von 325 mN/km bei papierisolierten Tf-Leitungen (Bild 12 und 13), was eine Dämpfungsverminderung von mehr als 20 % bedeutet und eine entsprechende Vergrößerung der Verstärkerfeldlängen mit sich bringt.

Der kilometrische Dämpfungswert von Kabelleitungen mit sehr kleinen dielektrischen Verlusten des Isolationsmaterials steigt in den hohen Frequenzlagen ungefähr mit der Wurzel aus der Frequenz an. Geht man daher bei Kabelleitungen, die mit Styroflex oder Schaumstoff isoliert sind, bis zu einem Übertragungsbereich von etwa 550 kHz, so wird die Dämpfung dieser Kabelleitungen bei 550 kHz ungefähr in der Größenordnung des Dämpfungswertes von papierisolierten Kabelleitungen bei 252 kHz liegen. Man kann daher an die Möglichkeit denken, unter Beibehaltung des Verstärkerabstandes von 18 . . . 19 km der papierisolierten Tf-Kabel auf den kunststoffisolierten Kabelleitungen je zwei Übergruppen zu je 60 Kanälen (V 120-System) im Frequenzbereich 12 . . . 252 und 312 . . . 552 kHz zu übertragen. Für diese weitergehende Ausnutzung der Sternvierer-Stammleitungen ist jedoch eine ausreichende Nebensprechdämpfung bis zu 552 kHz Voraussetzung. Nach den bisher durchgeführten Untersuchungen wird sich der erforderliche Nebensprechdämpfungswert durch besondere Ausgleichsmaßnahmen erreichen lassen. Da die Phantomleitung des Sternvierers infolge seines symmetrischen Aufbaus und der geringen Größe des magnetischen Außenfeldes sehr günstige Nebensprechwerte aufweist, liegt auch der Gedanke nahe, bei unerwarteten Nebensprechschwierigkeiten in der Frequenzlage 312 . . . 552 kHz an Stelle der Stammleitungen die Phantomleitungen auszunutzen. Damit könnten auf zwei 24paarigen Tf-Kabeln bei Belegung der Stammleitungen mit je zwei Übergruppen insgesamt 2880 Stromkreise geschaltet werden oder, wenn nur die Phantomleitungen mit der zweiten Übergruppe belegt werden, insgesamt 2160 Stromkreise. Diese vermehrte trägerfrequente Ausnutzung des Kunststoff-Tf-Kabels würde eine erhöhte Leistungsfähigkeit und damit eine weitere wirtschaftliche Verbesserung der symmetrischen Technik bedeuten.

F. Ring

Die verschiedenen Modulationsarten, ihre Anwendung und ihre Aussichten

I. Gesichtspunkte für die Beurteilung der verschiedenen Modulationsarten

Betrachtet man die in der heutigen Nachrichtentechnik gebräuchlichen Übertragungsverfahren, so überrascht die oft sehr weitgehende Übereinstimmung der in verschiedenen Ländern unabhänig voneinander entwickelten Modulationstechnik. Bei gegebenen, im allgemeinen überall ungefähr gleichen physikalisch-technischen, betrieblichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen gibt es offensichtlich eine ganz bestimmte übertragungs- und gerätetechnische Lösung, die am besten der gerade gestellten Aufgabe gerecht wird. So erfüllt z. B. die Einseitenbandübertragung mit unterdrücktem Träger besonders gut die Forderung nach möglichst günstiger Ausnutzung des Frequenzbandes und der Aussteuerungsgrenze eines Übertragungsweges und wird überall dort angewandt, wo diese Forderung an erster Stelle steht, vor allem bei den Trägerfrequenz-Fernkabelleitungen. Im Frequenzbereich der Ultrakurzwellen, Dezimeter- und Zentimeterwellen stehen sehr breite Frequenzbänder zur Verfügung; es werden hier andere Modulationsverfahren zweckmäßiger sein, unter denen die Frequenzmodulation und die Impulsphasenmodulation besondere Bedeutung erlangt haben. Jedes dieser Modulationsverfahren hat charakteristische Vorzüge und Nachteile, die für die Wahl der gerade vorteilhaften Modulationsart ausschlaggebend sind und daher noch im einzelnen betrachtet werden sollen.

Die fortschreitende Vervollkommnung und technologisch einwandfreie Massenherstellung der für die Modulationsgeräte benötigten Einzelteile (Röhren einschl. der Spezialröhren der Höchstfrequenztechnik, Modulationsgleichrichter, Filter usw.) ermöglichte eine immer stärkere Mehrfachausnutzung der Übertragungswege. Abgesehen von Verbindungen für den Nahverkehr ist ein größerer Aufwand für die Modulationseinrichtungen in den Endstellen fast immer lohnend, wenn dadurch eine größere Kanalzahl oder eine höhere Übertragungsgüte der Sprechkanäle erreicht werden kann. Die oft berechtigten Bedenken gegen eine immer „komplizierter" werdende Übertragungstechnik fallen fort, sobald bei Verwendung einwandfreier Bauteile eine derartige Stabilität und Betriebssicherheit aller Endgeräte, Zwischenverstärker und Überwachungseinrichtungen erreicht wird, daß im allgemeinen keine Stö-

rungen mehr auftreten, für deren Beseitigung qualifizierte Kräfte mit besonderen technischen Kenntnissen herangezogen werden müssen. Es genügt dann, nur noch an den eigentlichen Schaltstellen des Leitungsnetzes ständiges Personal vorzusehen, während Zwischenämter oder kleinere Endstellen unbesetzt bleiben und durch Fernsteuereinrichtungen von größeren Hauptämtern aus überwacht werden können. Die Betriebssicherheit und Störungsfreiheit der Modulationsgeräte ist daher für die Beurteilung ihrer Brauchbarkeit von entscheidender Bedeutung, da Personalkosten bei jeder Wirtschaftlichkeitsberechnung sehr stark ins Gewicht fallen.

Meist sind es nicht so sehr neue übertragungstechnische Erfindungsgedanken, die zur Einführung oder betrieblichen Bewährung eines Modulationsverfahrens beitragen, sondern die oft mit sehr großem Aufwand an Entwicklungskosten erreichten Verbesserungen der Güte, Konstanz, Lebensdauer und Gleichmäßigkeit der Gerätebauteile, die durch fortschrittliche Fabrikationsmethoden zugleich billiger hergestellt werden können. Solche technologischen Gesichtspunkte bestimmen heute vor allem die Güte und den Preis der Nachrichtengeräte und sind entscheidend zur Kennzeichnung des Vorsprungs, den die eine oder andere Herstellergruppe für sich geltend machen kann. Hier ist g. F. auch noch mit Überraschungen zu rechnen, z. B. durch die Entwicklung neuer billiger und für die Massenherstellung geeigneter Filterkristalle mit quarzähnlichen Eigenschaften oder gar durch die Vervollkommnung des Halbleiterverstärkers (Transitor), dessen Verwendung als Verstärker in Kabelleitungen bereits heute durchaus möglich erscheint.

Bei der Planung neuer Nachrichtenverbindungen kann man allgemein nur Modulationsverfahren berücksichtigen, die bereits erprobt sind und sich bewährt haben. Erfahrungsgemäß bedarf es stets einer langjährigen Entwicklungsarbeit, bis neuartige Modulationseinrichtungen als betriebsreif angesehen werden können, den sehr hohen Forderungen hinsichtlich der Übertragungsgüte (CCIF-Empfehlungen) genügen und dabei billig herzustellen sind. Andererseits ist es aber wesentlich, alle Entwicklungstendenzen der Übertragungstechnik rechtzeitig zu erkennen und richtig zu bewerten, damit nicht durch die Beibehaltung zwar bewährter aber schon veralteter Modulationsverfahren die für die Erweiterung des Nachrichtennetzes verfügbaren Mittel fehlgeleitet werden. Auch die bei der Erprobung neuer Geräte im Anfang vielleicht unvermeidlichen Schwierigkeiten können in Kauf genommen werden, wenn deutlich zu erkennen ist, daß es sich hierbei nur um die mit jeder neuen technischen Entwicklung verbundenen „Kinderkrankheiten“ handelt und nicht um grundsätzliche Schwierigkeiten, die z. B. durch übermäßig hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Konstanz der einzelnen Bauteile oder eine zu schwierige Technologie überzüchteter Spezialröhren entstehen können. Dabei darf nicht übersehen werden, daß auch zunächst schwer zu erfüllende Forderungen hinsichtlich der Präzision der Einzelteile durch die Entwicklung neuer Fabrikationsverfahren mitunter einwandfrei erfüllt werden können.

Die Zahl der z. B. je Sprechkanal benötigten Röhren sollte nicht als Maßstab dienen, wenn man verschiedenartige Modulationseinrichtungen miteinander vergleichen will. Es bestehen hier offensichtlich auch ganz unterschiedliche Auffassungen; so werden z. B. bei amerikanischen Geräten ohne Bedenken mehr Röhren verwendet, als nach deutschen Entwicklungsgrundsätzen unbedingt erforderlich wären. Auch die Menge der verwendeten Bauteile ist für den Preis der Geräte noch nicht entscheidend, wesentlicher ist oft die Frage, ob die Geräte in billiger Massenfertigung ohne große Prüfarbeit hergestellt werden können.

II. Amplitudenmodulation

Moduliert man die Amplitude einer Trägerfrequenz f_0 mit einer Signalfrequenz f_1, so erhält man außer der Trägerfrequenz noch die beiden Frequenzen $f_0 \pm f_1$. Wenn das modulierende Signal sich aus zahlreichen Frequenzen, z. B. innerhalb des Sprachbandes 300 . . . 3400 Hz zusammensetzt, entstehen entsprechende Seitenbänder oberhalb und unterhalb der Trägerfrequenz.

Da die in dem modulierenden Signal enthaltene Nachricht sowohl in dem oberen als auch in dem unteren Seitenband des Trägers vollständig wiedergegeben wird, genügt die Übertragung nur eines Seitenbandes. Auch die Trägerfrequenz selbst übermittelt keinen Nachrichteninhalt, kann also bei der Übertragung unterdrückt und am Empfangsort aus einem Trägergenerator gleicher Frequenz wieder zugesetzt werden. In diesem Falle erscheint das modulierende Signal lediglich in ein entsprechendes anderes Frequenzband gleicher Bandbreite verlagert. Durch eine derartige, meist mehrstufige Frequenzumsetzung werden bei Vielkanal-Trägerfrequenzsystemen zahlreiche Sprechkanäle in nebeneinanderliegenden Frequenzbändern angeordnet und gemeinsam übertragen [1].

Man kann also 4 verschiedene Übertragungsverfahren unterscheiden: die Übertragung mit oder ohne Träger und in beiden Fällen die Übertragung mit einem oder mit beiden Seitenbändern; ihre wesentlichen Vor- und Nachteile sind sofort zu erkennen, wenn man den Anwendungsbereich betrachtet, in dem sie sich durchsetzen und bewähren konnten.

Den kleinsten gerätemäßigen Aufwand auf der Sende- und Empfangsseite erhält man bei der Zweiseitenbandübertragung mit Träger. Zur Demodulation im Empfänger genügt eine einfache Gleichrichtung des modulierten Trägers, und wenn nicht gleichzeitig hohe Anforderungen an die Empfindlichkeit und Trennschärfe des Empfängers gestellt werden, lassen sich sehr billige Empfangsgeräte (Einkreis-Rundfunkempfänger) herstellen. Dieser Gesichtspunkt ist nach wie vor dafür entscheidend, daß die Rundfunktechnik im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich die Zweiseitenband-Modulation mit Träger bis jetzt beibehalten hat, obwohl die Wellenknappheit den Übergang zu Einseitenbandverfahren nahelegt. Das Vorhandensein des Trägers auch bei nicht

besprochenem Sender ist meßtechnisch gut zu beobachten; die durch Gleichrichtung des Trägers erhaltene Regelspannung kann zur automatischen Einstellung des richtigen Empfangspegels benutzt werden (Schwundregelung bei Rundfunk-Empfängern). Durch Austastung der Trägerfrequenz können besondere Signale, z. B. Ruf- und Wählzeichen bei Trägerfrequenz-Fernsprechsystemen, übertragen werden.

Sobald die in der Rundfunktechnik vordringliche Forderung nach billigen Empfangsgeräten durch die z. B. bei den Trägerfrequenz-Fernsprechsystemen für den Weitverkehr hervortretende Forderung nach möglichst guter Ausnutzung des Frequenzbandes und der Aussteuerungsgrenze des Übertragungswegs abgelöst wird, machen sich die Nachteile der Zweiseitenband-Modulation mit Träger bemerkbar: die übertragungstechnisch unnötige doppelte Belegung des verfügbaren Frequenzbandes mit dem unteren und oberen Seitenband des modulierten Trägers und die starke Belastung des Übertragungswegs durch die Trägerleistung. Beide „Fehler“ werden bei der Einseitenbandübertragung mit unterdrücktem Träger vermieden, die für die Mehrfachausnutzung von Kabel- und Freileitungen in größtem Umfange angewandt wird.

Über den Ausbau des deutschen Trägerfrequenz-Fernkabelnetzes wird an anderer Stelle ausführlicher berichtet [1]). Trägerfrequenz-Einrichtungen für symmetrische Kabelleitungen bis zu 60 Sprechkanälen (1 bis 5 Zwölfkanalgruppen) und für Koaxialkabel mit 960 Sprechkanälen (bis zu 16 Übergruppen mit je 60 Kanälen) sind bereits durch CCIF-Empfehlungen genau festgelegt worden, so daß auch eine unmittelbare trägerfrequente Durchschaltung größerer Sprechkreisbündel über die Tf-Kabelnetze mehrerer Länder hinweg möglich ist. Im zukünftigen europäischen Fernsprechnetz sollen möglichst weitgehend trägerfrequente Bündel von 12 oder sogar 60 Kanälen zwischen den Durchgangs-Fernämtern der verschiedenen Länder geschaltet werden.

Nur für kurze Nahverkehrsverbindungen wird man auch in Zukunft noch Niederfrequenzkabel verlegen; überall dort, wo Zwischenverstärker eingesetzt werden müssen, kann man heute mit Trägerfrequenz-Einrichtungen billigere Sprechkanäle schaffen als mit Niederfrequenzleitungen. Auch durch die Entspulung und trägerfrequente Mehrfachausnutzung der so gewonnenen Kabeladern sind in dem vorhandenen Fern- und Bezirkskabelnetz noch zahlreiche Sprechwege zu gewinnen.

Die charakteristischen Vorteile der Einseitenband-Modulation mit unterdrücktem Träger treten gerade bei den Vielkanal-Systemen besonders deutlich in Erscheinung. Am relativen Pegel 0 eines Fernsprechkanals, d. h. also im Endfernamt beim Übergang auf die Fernleitung, hat man bei normalen Teilnehmergesprächen mit kurzzeitigen Spitzen der Sprechspannung von etwa + 1 N zu rechnen, während der langzeitliche Mittelwert der Sprechleistung bei kontinuierlichem Sprechen nur etwa — 1,1 N beträgt. Bei einem Tf-System mit übertragenen Trägern ist also für jeden Kanal ein Trägerpegel von etwa + 1 N erforder-

1) Vgl. die Abhandlungen von Düll, Zerbel und K. O. Schmidt in diesem Jahrbuch.

lich, der durch die Spitzen der Sprechspannung gerade 100 v. H. moduliert wird. Bei einem System mit n-Kanälen sind n verschiedene Träger zu übertragen. Dabei entstehen kurzzeitige meist periodisch wiederkehrende Spannungsspitzen mit der n-fachen Amplitude eines Trägers, so daß eine Aussteuerungsgrenze des Übertragungswegs von etwa + 1 N + ln n (bezogen auf den relativen Pegel 0 eines Kanals) zu fordern ist.

Bei Tf-Systemen mit unterdrücktem Träger werden nur die tatsächlichen Sprechleistungen der n-Gespräche nach Verlagerung in andere nebeneinanderliegende Frequenzbänder übertragen. Da die maximalen Sprechleistungen von + 1 N nur selten und kurzzeitig auftreten, ist die Wahrscheinlichkeit für das zeitliche Zusammentreffen von Spannungsspitzen aus zahlreichen Sprechkanälen sehr klein. Man kann auch noch berücksichtigen, daß nicht gleichzeitig sämtliche Kanäle eines Systems mit Dauersprechern belegt sind; zumindest durch das abwechselnde Sprechen beider Teilnehmer wird jede Übertragungsrichtung im Durchschnitt nur während der Hälfte der Zeit tatsächlich besprochen, dazu kommen noch die Pausen für die Gesprächsvorbereitung, Gedankenpausen der Sprechenden usw. Eine genaue statistische Untersuchung (nach Holbrook-Dixon [2], Bild 1, Kurven a, b und c) führt zu dem mit der Erfahrung gut übereinstimmenden Ergebnis, daß die Aussteuerungsgrenze des Übertragungswegs bei einer Vergrößerung der Kanalzahl nur langsam ansteigt, z. B. bei einer Erhöhung der Kanalzahl von 5 auf 100 Kanäle nur um etwa 0,45 N.

Zum Vergleich ist in Bild 1 noch der ungefähre Verlauf einer Kurve g für die bei Systemen mit übertragenen Trägern zu fordernde Aussteuerungsgrenze eingezeichnet. Für einen Kanal erhält man bei voller Modulation des Trägers eine Maximalspannung von + 1,7 N. Auch bei wenigen Kanälen ist noch zu berücksichtigen, daß sich die Spannungsspitzen der einzelnen Träger gerade im Augenblick der Modulationsmaxima addieren können. Bei mittlerer Kanalzahl wird die Wahrscheinlichkeit für das Zusammentreffen maximaler Modulationsspannungen mit den Spannungsspitzen der Trägersummenspannung sehr klein, so daß es genügt, wenn die Aussteuerungsgrenze der linearen Addition der einzelnen Trägerspannungen entspricht. Bei sehr hohen Kanalzahlen und nichtkohärenten Trägerspannungen verhält sich die Summenspannung aller Träger ähnlich wie eine thermische Rauschspannung, die man ebenfalls als eine Summe unendlich vieler über das ganze Frequenzband gleichmäßig verteilter Einzelfrequenzen darstellen kann. Die Kurve g nähert sich dann der Geraden h, die etwa 10 db (1,15 N) über dem Effektivwert i der Trägersummenspannung verläuft. Werden sämtliche Trägerfrequenzen aus einer gemeinsamen Grundfrequenz durch Frequenzvervielfachung erzeugt, so können mit der Periode der Grundfrequenz regelmäßig wiederkehrende Spannungsspitzen der Trägersummenspannung entstehen, gegen die nur eine Dimensionierung der Aussteuerungsgrenze nach k Sicherheit bietet.

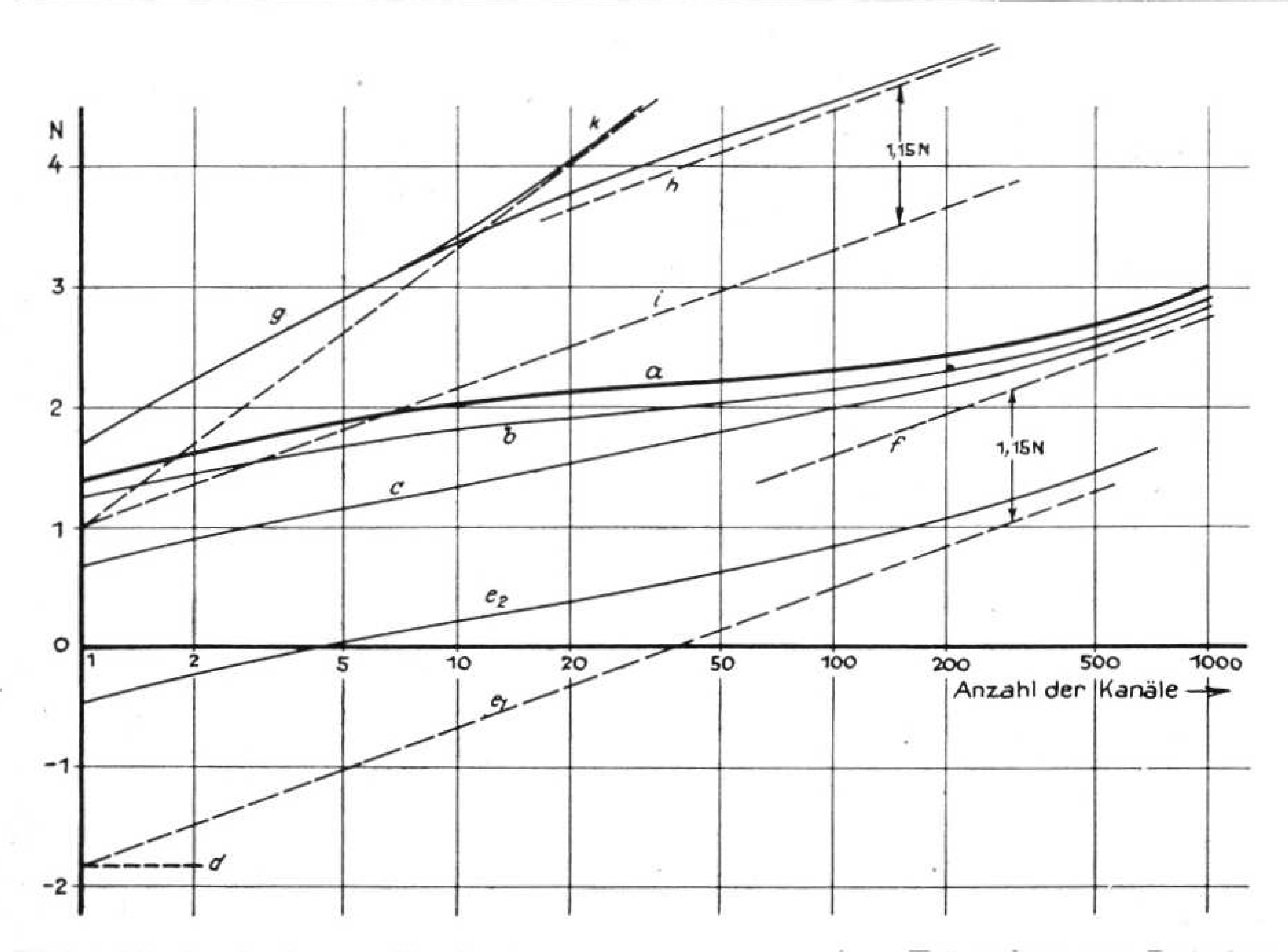


Bild 1. Mindestforderung für die Aussteuerungsgrenze eines Trägerfrequenz Zwischenverstärkers, bezogen auf den relativen Pegel 0 eines Kanals und eine Sprechbelastung, die nur mit 1 % Wahrscheinlichkeit während der Hauptverkehrsstunde erreicht wird. a) bei normalen Teilnehmergesprächen ohne Amplitudenbegrenzung; b) bei normalen Teilnehmergesprächen mit Amplitudenbegrenzung; c) bei normalen Teilnehmergesprächen und Regelung auf gleiche mittlere Sprechleistung; d) langzeitlicher Leistungsmittelwert (Volumen) je Kanal; e_1) Summenvolumen aller Kanäle; e_2) Äquivalentes Summenvolumen, das mit 1 % Wahrscheinlichkeit während der Hauptverkehrsstunde erreicht wird; f) Asymptote der Kurven a und c; g) Aussteuerungsgrenze bei Systemen mit übertragenen Trägern; h) Asymptote zu g; i) Träger-Summenleistung; k) Lineare Additon der Trägerspannungen (Kurven a bis f nach Holbrook-Dixon [2]).

Der Abstand zwischen den Kurven g und a gibt an, um wieviel bei gleichbleibendem Seitenbandnutzpegel die Aussteuerungsgrenze der Tf-Zwischenverstärker erhöht werden muß, wenn die Träger mit übertragen werden sollen. Bei gegebener Aussteuerungsgrenze muß der übertragene Nutzpegel um den gleichen Betrag herabgesetzt werden. Da außerdem bei der Zweiseitenbandübertragung mit Träger die doppelte Bandbreite je Kanal belegt wird, erhöht sich der durch das Wärme- und Röhrenrauschen verursachte Pegel des Grundgeräuschs um 0,35 N (doppelte Geräuschleistung), so daß sich hinsichtlich des Grundgeräuschpegels ein Unterschied von etwa 2,0 N bei einem 24-Kanal-System, 1,4 N bei einem 6-Kanal-System zuungunsten der Systeme mit Trägerübertragung ergibt. Um diesen Betrag müßten z. B. die Verstärkerfelddämpfungen bei Systemen mit Träger kleiner sein als bei Einseitenband-

systemen ohne Träger, wenn ein bestimmter Grundgeräuschpegel je Verstärkerfeld nicht überschritten werden soll. Es ist bemerkenswert, daß ein neues amerikanisches Zwölfkanal-System für Nahverkehrsverbindungen (N 1-System [3]) zwar von der Zweiseitenbandübertragung mit Träger ausgeht, aber zusätzlich noch eine „Compander"-Schaltung (Dynamikpressung auf der Sendeseite und entsprechende Dynamikdehnung auf der Empfangsseite) benutzt, durch die der Geräuschpegel des Systems um etwa 2,5 . . . 3 N gesenkt wird. Durch diesen beträchtlichen Aufwand wird das Nebensprechgeräusch auch bei verhältnismäßig schlecht ausgeglichenen Kabeln, zugleich aber auch das durch die Mitübertragung der Träger verschlechterte Eigengeräusch des Systems auf einen zulässigen Wert herabgesetzt.

Den übertragungstechnischen Vorteilen der Einseitenbandübertragung mit unterdrücktem Träger steht der Mehraufwand bei den Endstellen gegenüber. Für die Kanalfilter zur Absiebung des unerwünschten zweiten Seitenbandes ist eine Sperrdämpfung von 7 . . . 8 N zu fordern, da dieses Frequenzband durch das übertragene Seitenband des Nachbarkanals belegt werden soll; dabei muß die Dämpfungsverzerrung im Durchlaßbereich der Kanalfilter sehr klein gehalten werden. Diese Kanalfilter stellen daher einen wesentlichen Anteil der Kosten einer Endstelle dar. Die Rücksichtnahme auf die Kanalfilter bestimmt meist auch die Wahl der Trägerfrequenz in der ersten Modulationsstufe und damit den Frequenzplan der Tf-Systeme. Bei Spulenfiltern sind Kanalträgerfrequenzen < 60 kHz, bei Quarzfiltern > 60 kHz zweckmäßig. Mit Kristallfiltern kann man schon in der ersten Modulationsstufe die Zwölfkanal-Grundgruppe im Bereich 60 . . . 108 kHz aufbauen [4]; das deutsche V-60-System verwendet Spulenfilter, die bei gleichen Anforderungen an die Übertragungsgüte der Tf-Kanäle wesentlich einfacher herzustellen sind und einen etwas anderen Systemaufbau bedingen [1, 5].

Der Aufwand für das Wiederzusetzen der Trägerfrequenz am Empfangsort fällt bei größeren Endstellen kaum ins Gewicht, da die gleichen Trägerfrequenzen im Sendeteil der Endstelle ohnehin benötigt werden und nur die zusätzliche Forderung genauer Frequenzübereinstimmung mit der Gegenstelle zu erfüllen ist. Bei der Einseitenbandübertragung ist keine phasenstarre Synchronisierung zwischen den Endstellen erforderlich, es genügt, wenn die Trägerfrequenzen etwa 1 Hz genau ihren Sollwert einhalten, was sich leicht erreichen läßt, wenn sämtliche Trägerfrequenzen einer Endstelle als Vielfache einer quarzstabilisierten Grundfrequenz erzeugt werden.

Auch bei den Überseefunksprechverbindungen hat sich die Einseitenband-Modulation mit unterdrücktem Träger bewährt [6]. Hier ist nicht nur die bessere Ausnutzung des verfügbaren Frequenzbandes, sondern auch die geringere Störempfindlichkeit der Einseitenband-Modulation ein wesentlicher Gesichtspunkt. Die bei Kurzwellen-Rundfunkübertragungen so charakteristischen Verzerrungen machen sich bei der Einseitenbandübertragung mit unterdrücktem Träger viel weniger bemerkbar, da Störungen durch selektiven Schwund des Trägers oder

durch die ständige Veränderung der Phasenbeziehungen zwischen Träger und den Seitenbändern fortfallen. Einige Schwierigkeiten bereitet die Erzeugung der Trägerfrequenz am Empfangsort, die meist durch eine mitübertragene Steuerfrequenz, die auch zur Pegelregelung benutzt werden kann, synchronisiert wird.

Neben der Zweiseitenbandübertragung mit Träger (Rundfunktechnik) und der Einseitenbandübertragung ohne Träger (Trägerfrequenztechnik) sind noch Zwischenlösungen denkbar. Bei Trägerfrequenzgeräten für den Nahverkehr fällt der hohe Aufwand für die Einseitenbandfilter sehr ins Gewicht. Die Anforderungen an diese Filter werden wesentlich geringer, wenn das Frequenzband des unterdrückten Seitenbandes nicht durch das Nutzband des Nachbarkanals belegt wird oder zumindest die Frequenzlücke zwischen den einzelnen Kanälen vergrößert wird. Man muß dann zwar bei gleicher Kanalzahl ein breiteres Frequenzband übertragen, die Ausgangsleistung der Zwischenverstärker bleibt aber die gleiche wie bei der gewöhnlichen Einseitenbandübertragung [7]. Ein solches „Netzgruppen-System" mit verbilligter Endstelle ist z. Zt. in Entwicklung und soll vor allem im zukünftigen Landesfernwahlnetz eingesetzt werden. Übertragungstechnisch stimmt dieses Netzgruppen-System mit dem Weitverkehrs-System V 60 so weitgehend überein, daß u. U. auch im Trägerfrequenz-Fernkabelnetz die 6-Kanal-Gruppen des Netzgruppen-Systems statt der 12-Kanal-Gruppen des V-60-Systems übertragen werden können, wenn auf einigen Teilstrecken für absehbare Zeit die geringere Ausnutzung des verfügbaren Frequenzbandes zulässig erscheint. Das Netzgruppen-System soll auch eine systemeigene Ruf- oder Wählzeichenübertragung enthalten.

Zweiseitenband-Systeme mit unterdrücktem oder auf einen kleinen Rest reduziertem Träger haben sich wenig bewährt, da in diesem Falle der Träger am Empfangsort nicht nur frequenz-, sondern auch phasenrichtig wieder zugesetzt werden muß, was erhebliche betriebliche Schwierigkeiten verursacht. Auch Einseitenband-Systeme mit übertragenem Träger sind nur in Ausnahmefällen verwendet worden, z. B. bei Einkanal-Geräten mit vereinfachter Gegenstelle ohne eigene Stromversorgung.

Als besonderes Verfahren ist hier noch die Übertragung mit teilweise unterdrücktem zweitem Seitenband zu erwähnen. Bei Sprachübertragung sind die beiden Seitenbänder nach der ersten Modulationsstufe durch eine Frequenzlücke von 600 Hz getrennt und das zu übertragende Seitenband kann durch das Kanalfilter leicht abgesiebt werden. Sollen auch noch sehr tiefe Modulationsfrequenzen übertragen werden, beim Fernsehen u. U. sogar die Gleichstromkomponente des Bildsignals (mittlere Bildhelligkeit), so fehlt diese Lücke zwischen den beiden Seitenbändern des modulierten Trägers und eine vollständige Trennung der Seitenbänder ist (auch mit Rücksicht auf die an steilen Filterflanken hervortretenden Phasenverzerrungen und die bei hohem Modulationsgrad sehr starke Verzerrung des Einschwingvorgangs an den Bildkanten) nicht mehr möglich. In diesem Falle muß man auch noch einen kleinen

Rest des zweiten Seitenbandes übertragen und ein Filter mit einer Amplitudenkurve nach Bild 2 verwenden. Bei normaler Fernsehmodulation mit einem Schwarzpegel von etwa 30 v. H. genügt ein Rest $\Delta f/f_1$ des zweiten Seitenbandes von etwa 10 v. H. Auf diese Weise werden Fernsehbilder vor allem auf Breitbandkabelleitungen übertragen [8]. Auch bei Ultrakurzwellen-Fernsehsendern führt diese Übertragung mit unsymmetrischen Seitenbändern zu einer Verringerung des Frequenzbandbedarfs und einer Verkleinerung der Bandbreite des Zwischenfrequenzverstärkers im Fernseh-Empfänger.

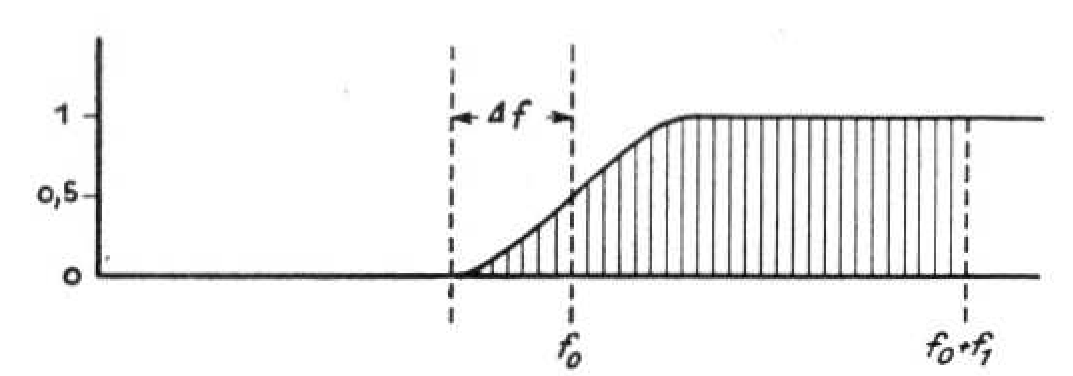


Bild 2. Amplitudenkurve eines Sendefilters zur Übertragung mit teilweise unterdrücktem unterem Seitenband

III. Frequenzmodulation

Im Ultrakurzwellen- und Dezimeterwellenbereich können sehr breite Frequenzbänder übertragen werden. Im Gegensatz zu Kabelverbindungen ist aber die Restdämpfung einer solchen Funkverbindung stärkeren zeitlichen Schwankungen unterworfen.

Unter diesen Voraussetzungen ist es vorteilhafter, nicht die Amplitude, sondern die Frequenz einer Trägerwelle durch das zu übertragende Signal zu modulieren. Durch hohe Verstärkung der Empfangsspannung und Einschalten eines Amplitudenbegrenzers erhält man eine rechteckförmige Spannung, deren durch die Nulldurchgänge gekennzeichnete Frequenz von den Restdämpfungsschwankungen und nichtlinearen Verzerrungen des Übertragungswegs fast unabhängig ist. Bei der Frequenzumsetzung in einen anderen Frequenzbereich, z. B. bei Zwischenfrequenzempfängern, bleibt die Frequenzmodulation des Trägers erhalten. Bei Relaisstellen kann eine frequenzmodulierte Welle empfangen und nach mehrfacher Frequenzumsetzung und Verstärkung in einem benachbarten Wellenbereich wieder ausgestrahlt werden.

Wird eine Trägerfrequenz f_0 durch eine sinusförmige Signalspannung f_1 frequenzmoduliert, so entstehen bei einem Frequenzhub Δf nicht nur Frequenzen innerhalb des Bereichs $f_0 \pm \Delta f$. Eine genaue Analyse zeigt [9], daß unendlich viele Seitenbandfrequenzen $f_0 \pm n \cdot f_1$ $(n = 1,2\ldots)$ des Trägers f_0 vorhanden sind, deren Amplitude rasch abnimmt, sobald $n \cdot f_1 > \Delta f + f_1$. Eine Frequenzbandbegrenzung des Übertragungswegs führt also zu Verzerrungen, die aber sehr klein werden, wenn die außerhalb des übertragenen Bandes ursprünglich noch vorhandenen Seitenbandfrequenzen nur einen sehr geringen Beitrag zur Gesamtleistung des Signals liefern. Im allgemeinen genügt die Übertragung eines Frequenzbandes $f_0 \pm (\Delta f + f_1)$. Bei frequenzmodulierten Dezimeter-Richtverbindungen, die statt gewöhnlicher Breitbandkabel eine größere Zahl trägerfrequent gebündelter Sprechkanäle übertragen sollen, muß das über-

tragene Frequenzband schon mit Rücksicht auf die an den Bandgrenzen rasch ansteigenden Phasenverzerrungen noch etwas weiter verbreitert werden.

Das Störgeräusch des Übertragungswegs wird sich um so weniger bemerkbar machen, je größer der Frequenzhub Δf gewählt wird. Eine Störfrequenz im Abstand f_{st} vom nichtmodulierten Träger ergibt eine Frequenzmodulation des Trägers f_0 mit einem Frequenzhub von $\pm f_{st} \cdot u_{st}/u_0$. Hierbei ist u_{st}/u_0 das Verhältnis der Störspannung zur Trägerspannung ($u_{st} \ll u_0$). Nach der Demodulation erhält man die Frequenz f_{st}; das Verhältnis des Störhubs $f_{st} \cdot u_{st}/u_0$ zum Nutzhub Δf ist $u_{st}/u_0 \cdot f_{st}/\Delta f$, also um $f_{st}/\Delta f$ kleiner als das Verhältnis Störspannung / Nutzspannung, das bei der Einseitenband-Amplituden-Modulation auftreten würde, wenn man u_0 als die übertragene Nutzspannung auffaßt. Durch einen großen Frequenzhub Δf erreicht man also eine wesentliche Verminderung des Störpegels.

Wenn die Störleistung des Übertragungswegs gleichmäßig über das ganze übertragene Frequenzband verteilt ist, was bei dem im Dezimeterwellenbereich allein wirksamen thermischen Rauschen oder dem Eigengeräusch der Eingangsröhren, Modulationsgleichrichter usw. sehr genau zutrifft, entsteht ein rauschähnliches Störgeräusch, dessen Amplitudenverteilungskurve der Frequenz proportional ansteigt. Umfaßt das zu übertragende Signal den Frequenzbereich $0 \ldots f_1$, und ist u_{st} die auf diese Bandbreite bezogene Rauschspannung des Übertragungswegs, so erhält man nach der Demodulation ein Störverhältnis $\frac{u_{st}}{u_0} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{f_1}{\Delta f}$, d. h. einen Faktor $\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\Delta f}{f_1}$ als Gewinn an Geräuschabstand gegenüber der Einseitenband-Amplituden-Modulation [10]. Eine Verdoppelung des Hubfaktors $\Delta f/f_1$ hat also die gleiche Wirkung wie eine Verdoppelung der Trägerspannung u_0, d. h. eine Vervierfachung der Sendeleistung. Von dieser Möglichkeit, durch großen Hubfaktor den Geräuschpegel wesentlich herabzusetzen, also statt größerer Sendeleistung ein breiteres Frequenzband zur Verfügung zu stellen, wird weitgehend Gebrauch gemacht.

Der frequenzmodulierte Ultrakurzwellen-Rundfunk arbeitet z. Z. mit einem Frequenzhub $\Delta f = 75$ kHz; bezogen auf eine höchste übertragene Frequenz $f_1 = 15$ kHz, also mit einem Hubfaktor $\Delta f/f_1 = 5$. Den Anstieg der Störleistung am oberen Frequenzbandende kann man dadurch wieder ausgleichen, daß der Pegel der meist nicht sehr energiereichen hohen Frequenzen vor der Modulation des UKW-Senders gegenüber den tiefen Frequenzen etwas angehoben wird (Preemphasis) und nach der Demodulation im UKW-Empfänger um den gleichen Betrag wieder gesenkt wird. Bei den UKW-Richtfunkverbindungen Berlin—Westdeutschland werden 15 Sprechkanäle, die zu einem trägerfrequenten Bündel im Bereich 15 . . . 60 kHz zusammengefaßt sind, mit einem Frequenzhub von etwa 120 kHz übertragen.

Im Frequenzbereich der Dezimeter- und Zentimeterwellen können auch sehr breitbandige Signale, z. B. Fernsehbilder oder mehrere trägerfrequente 60-Kanal-Übergruppen, noch mit einem großen Hubfaktor übertragen werden. Da man bei so kurzen Wellen schon mit verhältnismäßig kleinen Antennen eine scharfe Bündelung erreicht, ist dieser Wellenbereich für Richtfunkverbindungen besonders geeignet. Eine Richtfunklinie mit über 100 Relaisstellen, die für den heutigen Stand der Zentimeterwellentechnik besonders charakteristisch ist, wurde im Jahre 1951 zwischen den Städten New York und San Franzisco in Betrieb genommen [11]. Bild 3 zeigt schematisch den Aufbau einer Relaisstelle: Das von der Richtantenne E empfangene Frequenzband 3700 . . . 4200 MHz (7,15 . . . 8.15 cm Wellenlänge) wird zunächst durch die Rohrwellenfilter $F_{1\ldots6}$ in einzelne Bänder mit den angegebenen um je 80 MHz voneinander entfernten Mittelfrequenzen aufgeteilt. Jedes dieser 6 Bänder durchläuft 2 Umsetzerstufen mit nachfolgender Verstärkung und wird um 40 MHz in seiner Frequenzlage verschoben von der Senderichtantenne S wieder ausgestrahlt.

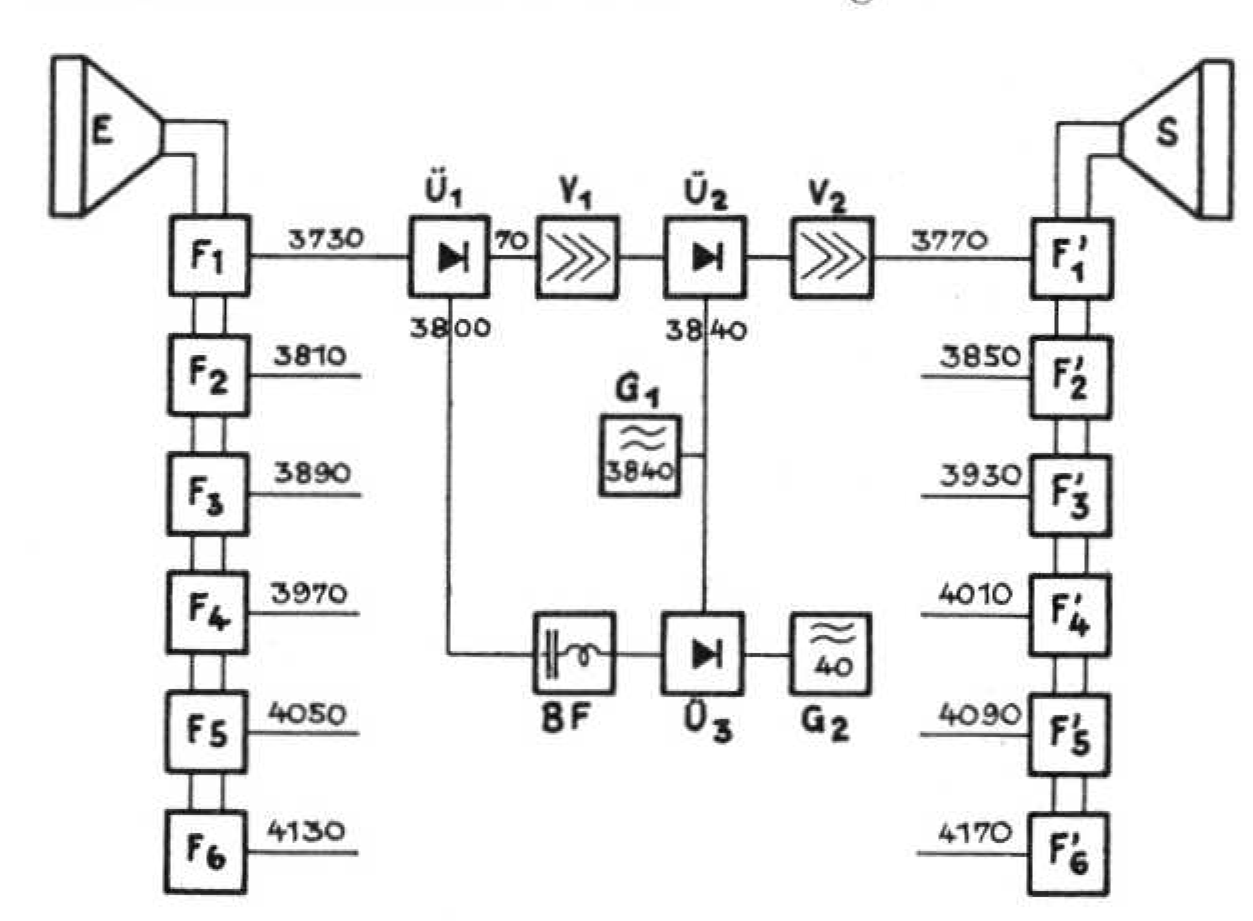


Bild 3. Blockschema einer Relaisstelle der TD 2 - Richtfunklinie New York-San Franzisko

Das Blockschaltbild für diesen Verstärkerteil ist in Bild 3 nur für das erste Band gezeichnet. Im ersten Überlagerer $Ü_1$ entsteht als Differenz der Empfangsfrequenz und der Überlagerungsfrequenz eine Zwischenfrequenz von 70 HMz, die in dem 8-stufigen Verstärker V_1 um 4,6 . . . 7,5 N verstärkt wird. In dem zweiten Überlagerer $Ü_2$ wird die Zwischenfrequenz wieder in das Zentimeterwellenband zurückverlagert und durch den Höchstfrequenzverstärker V_2 nochmals um 2,1 . . . 2,5 N bis zu einer Sendeleistung von etwa 0,5 Watt verstärkt. Über die Verzweigungsfilter $F'_{1\ldots6}$ der Sendeantennenleitung werden die 6 in gleicher Weise verstärkten Bänder wieder zusammengefaßt.

Empfangs- und Sendefrequenz werden um 40 MHz gegeneinander verschoben, um Rückkopplungen zwischen den Sende- und Empfangsantennen zu vermeiden. Auf der nächsten Relaisstelle werden sämtliche Frequenzen wieder um 40 MHz in die ursprüngliche Lage zurückver-

schoben. Bei geeigneter etwas zick-zack-förmiger Streckenführung kommt man längs der ganzen Richtfunklinie mit nur 2 Wellen für jeden der 6 Kanäle aus, da störende Überreichweiten z. B. von einem Sender zum Empfänger der drittnächsten Relaisstelle nicht zu befürchten sind. Die Frequenzverschiebung um 40 MHz muß sehr genau eingehalten werden und ist nur abhängig von der Konstanz des quarzstabilisierten 40 MHz-Generators G_2, aber unabhängig von geringen Frequenzschwankungen des Höchstfrequenzerzeugers G_1.

Der Zwischenfrequenzverstärker V_1 und der Höchstfrequenzverstärker V_2 verstärken ein Frequenzband von mindestens $\pm$ 10 MHz zu beiden Seiten der angegebenen Mittelfrequenz mit einer Dämpfungsverzerrung $< 0{,}01$ N und einer Laufzeitverzerrung < 20 ns, die durch einen zusätzlichen im Zwischenfrequenzteil eingeschalteten Phasenentzerrer auf < 2 ns herabgesetzt werden kann, da sich sonst diese Laufzeitverzerrungen bei der Übertragung eines trägerfrequenten Vielkanalsignals als nichtlineare Verzerrungen nach der Demodulation bemerkbar machen. Bei Fernseh-Modulation eines der 6 Kanäle erhält man das auf die Zwischenfrequenz 70 MHz bezogene Modulationsschema Bild 4 a. 66 MHz Momentanfrequenz entspricht der max. Bildhelligkeit, der Schwarzpegel

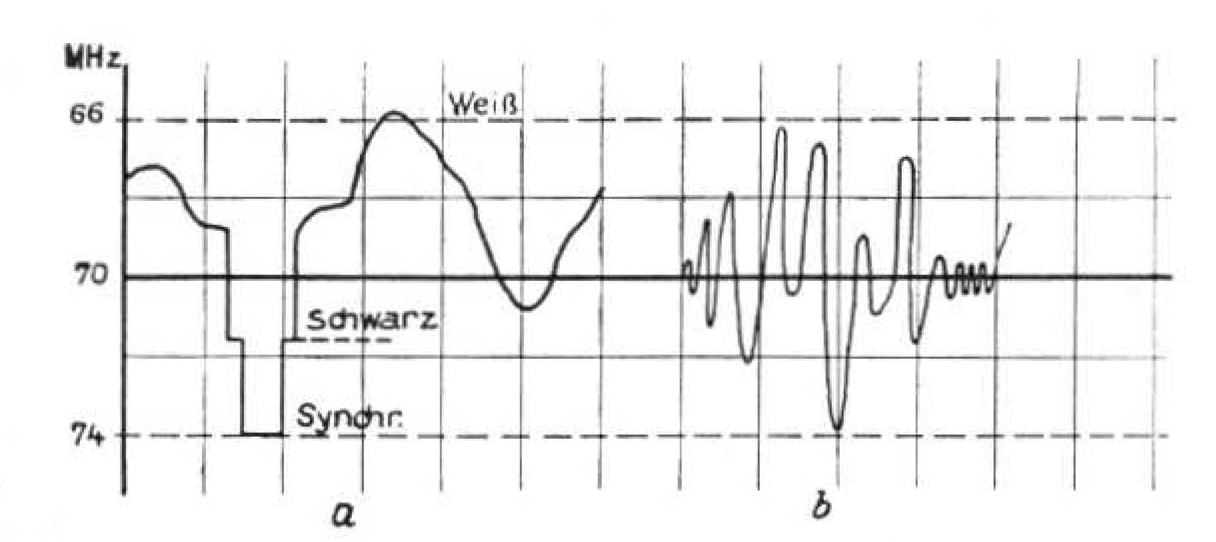


Bild 4. Aussteuerung im Zwischenfrequenzbereich a) bei Fernsehbildmodulation; b) bei der Übertragung eines trägerfrequenten Vielkanalbündels

des Bildes etwa 71,5 MHz; bei der Synchronisierzeichentastung wird 74 MHz erreicht. Ein trägerfrequentes Vielkanalsignal Bild 4 b wird man etwa über den gleichen Bereich von 70 $\pm$ 4 MHz aussteuern. Bezogen auf diese Aussteuerungsgrenze müßte ein Klirrfaktor der Gesamtstrecke von nur wenigen $^0/_{00}$ erreicht werden, wenn ein Vielkanalsignal mit einigen hundert Kanälen übertragen werden soll. Man erhält eine sehr gerade Modulationskennlinie, indem man zunächst eine sehr hohe Frequenz frequenzmoduliert und nur den geraden mittleren Teil der Modulationskennlinie aussteuert. Nach Frequenzumsetzung in das Zwischenfrequenzband wird durch eine Nachstimmschaltung die Ausgangsfrequenz so geregelt, daß sich eine Mittelfrequenz von 70 kHz bei Vielkanal-Modulation bzw. 74 MHz als Synchronisierzeichenpegel bei Fernseh-Modulation ergibt.

Das hier skizzierte Richtfunksystem entspricht einer Breitband-kabel-Linie mit 6 Breitbandleitungen in jeder Richtung. Eine ähnliche Richtfunkanlage für die Verbindung Hamburg — Köln — Frankfurt (Main) ist bereits geplant [12].

IV. Impulsmodulation

1. Abtastung der Sprechspannung

Bei der Amplituden- und Frequenz-Modulation entspricht in jedem Augenblick die Amplitude bzw. die Frequenz des Trägers der zu übertragenden Signalamplitude. Der zeitliche Verlauf der modulierenden Signalspannung wird also kontinuierlich in die Amplituden- bzw. Frequenz-Modulation des Trägers umgesetzt. Im Gegensatz hierzu wird bei der Impulsmodulation nur in regelmäßigen kurzen Zeitabständen eine „Nachricht" über die gerade vorhandene Signalamplitude übertragen.

In Bild 5 sei a das zu übertragende Signal. In Zeitabständen T, also zu den Zeitpunkten t_1, t_2 . . ., wird die gerade vorhandene Signalamplitude festgestellt. Diese Amplitudenwerte werden in beliebige für die Übertragung gut geeignete Zeichen umgeformt. Am Empfangsort werden die übermittelten Zeichen wieder in Amplitudenwerte zurückverwandelt und zum Wiederaufbau des ursprünglichen Signals benutzt.

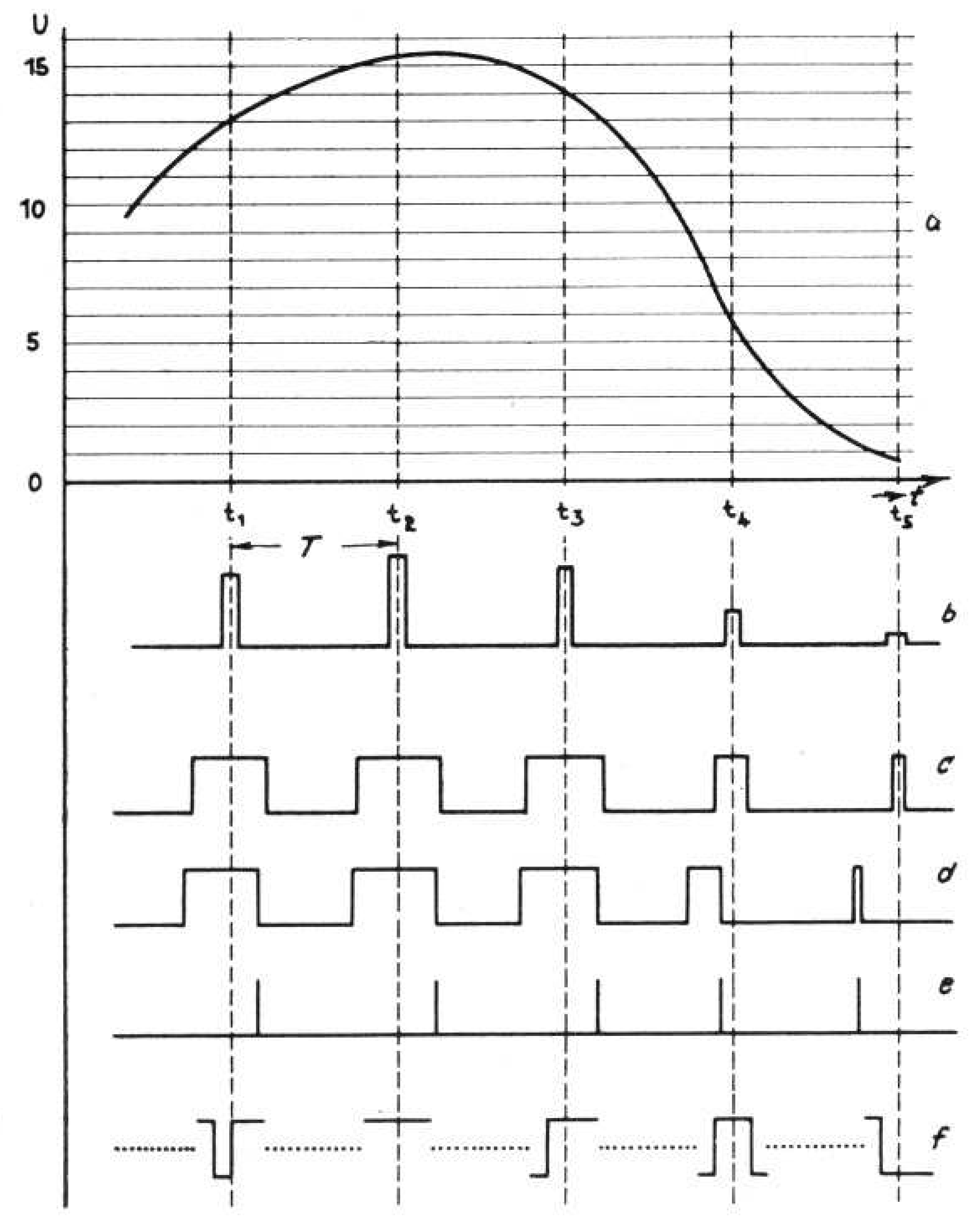


Bild 5. Impulsmodulation a) zu übertragendes Signal (Sprechspannung); b) Impulshöhenmodulation; c) symmetrische Impulsbreitenmodulation; d) unsymmetrische Impulsbreitenmodulation; e) Impulsphasenmodulation; f) Impulscodemodulation

In jeder Sekunde werden 1/T Amplitudenwerte abgetastet und übertragen. Zunächst hat es den Anschein, als ob eine genaue Wiedergabe der ursprünglichen Signalform nur möglich ist, wenn die Abtastzeitpunkte t_1, t_2 . . . sehr dicht beieinanderliegen, da sonst über den Amplitudenverlauf zwischen zwei Abtastungen zu wenig ausgesagt wird. Ist jedoch, wie bei der Sprachübertragung, das Signalfrequenzband auf

einen Bereich $0 \ldots f_1$ begrenzt, so sind in jeder Sekunde nur $2 \cdot f_1$ voneinander unabhängige Signalamplituden möglich, da die Einschwingzeit beim Übergang von einem Amplitudenwert zum nächsten Amplitudenwert $1/2\, f_1$ beträgt. Durch mindestens $2 \cdot f_1$ Abtastungen in jeder Sekunde wird daher der Amplitudenverlauf des Signals vollständig bestimmt; bei einer Abtastfrequenz 8 kHz läßt sich ein Sprachsignal, das Frequenzen bis zu 4 kHz enthält, einwandfrei wiedergeben [13].

Die abgetasteten Amplitudenwerte können in Form kurzer Impulse übertragen werden. Macht man die Impulshöhe den Amplitudenwerten proportional (Bild 5 b), so erhält man eine Impulshöhenmodulation. Ebenso kann man die Impulslänge mit den abgetasteten Signalamplituden modulieren (Bild 5 c symmetrische, 5 d unsymmetrische Impulslängenmodulation). Besondere übertragungstechnische Vorteile bietet die Impulsphasen-Modulation Bild 5 e, auch Impulszeit-Modulation genannt, die aus der unsymmetrischen Impulslängen-Modulation Bild 5 d hervorgeht, in dem man nur das Ende der Impulse durch übertragene kurze Impulse markiert, den nicht modulierten Anfang der Impulse aber einem 8 kHz Impulsgenerator am Empfangsort entnimmt, der mit der Abtastfrequenz des Sendeorts synchron läuft. In dieser Form wurden bereits 1937 Kurzwellenbildübertragungen [14] durchgeführt.

Steht ein genügend breites Frequenzband zur Verfügung, so kann man sehr kurze Impulse verwenden. Zwischen den einzelnen Impulsen können dann noch weitere, anderen Sprechkanälen zugeordnete Impulsreihen übertragen werden. Man erhält auf diese Weise einfache Mehrkanaleinrichtungen, deren Endstellen u. U. billiger aufgebaut werden können als Trägerfrequenz-Endstellen, da keine Kanalfilter und keine Trägerstromversorgung, sondern nur einfache Taktgeber zur Trennung der zeitlich gegeneinander gestaffelten Impulsreihen benötigt werden.

Bei der Impulscodemodulation werden die abgetasteten Amplitudenwerte in Form von „Telegraphierzeichen" übermittelt. Durch ein aus 5 Stromschritten bestehendes Zeichen lassen sich $2^5 = 32$ verschiedene Amplitudenwerte wiedergeben, was für eine gut verständliche Sprachübertragung bereits ausreicht. Der erste Stromschritt der Zeichen entspricht 1, der zweite Stromschritt 2, der dritte Stromschritt 4, der vierte Stromschritt 8 Amplitudeneinheiten u. s. f. Die in Bild 5 a eingezeichneten 16 Amplitudenstufen werden durch die aus je 4 Stromschritten bestehenden Zeichen Bild 5 f wiedergegeben.

Die Wiederherstellung der ursprünglichen Signalform auf der Empfangsseite erreicht man am einfachsten dadurch, daß man das Frequenzband des empfangenen, nach Bild 5 b, c oder d modulierten Signals durch ein einfaches Tiefpaßfilter mit der Grenzfrequenz f_1 begrenzt. Am Ausgang des Tiefpaßfilters erhält man das ursprüngliche niederfrequente Signal, das meist durch eine Niederfrequenz-Verstärkerstufe noch auf den gewünschten Ausgangspegel verstärkt wird.

Impulsphasenmodulierte oder impulscodemodulierte Signale kann man zunächst in impulshöhenmodulierte oder impulsbreitenmodulierte Signale umwandeln und in gleicher Weise demodulieren.

2. Mehrkanalgeräte mit Impulsphasenmodulation

12- oder 24-Kanalgeräte mit Impulsphasenmodulation sind bereits praktisch erprobt worden und werden vor allem für Nahverkehrsverbindungen benutzt [15]. Die Abtastfrequenz ist meist $2 \cdot f_1 = 8$ kHz, so daß ein CCIF-Sprachband 300 . . . 3400 Hz übertragen werden kann. Bild 6

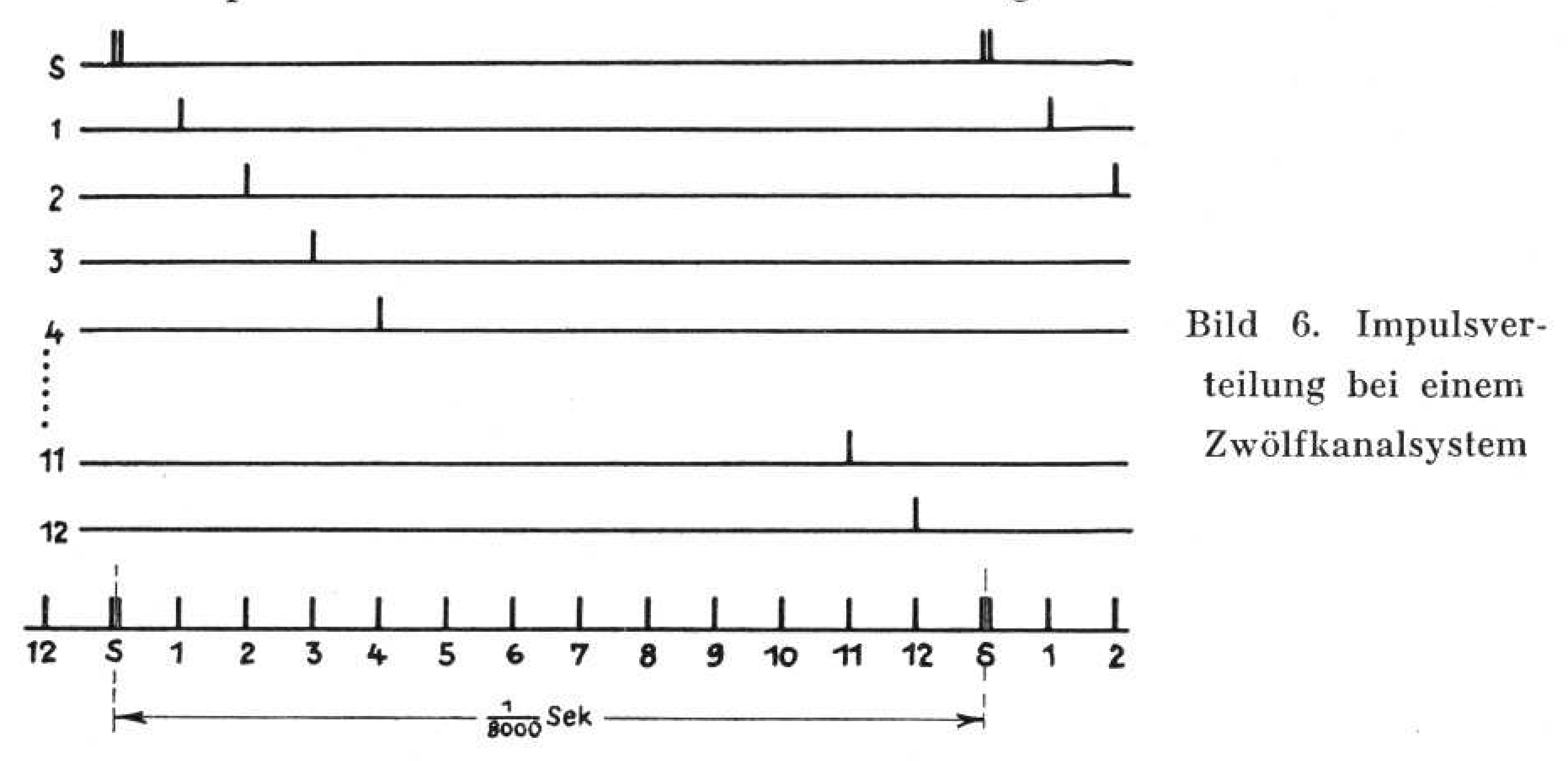


Bild 6. Impulsverteilung bei einem Zwölfkanalsystem

zeigt untereinander die den einzelnen Kanälen eines 12-Kanal-Systems zugeordneten Impulse. Ein aus einem Doppelimpuls bestehendes Synchronisierzeichen kann am Empfangsort von den übrigen Impulsen leicht getrennt werden und liefert den Takt für die Aussiebung der zu jedem Kanal gehörigen Impulsreihe.

Als Beispiel zeigt Bild 7 das Blockschema des Sende- und Empfangsteils eines 24-Kanal-Geräts, das (nach Angaben in einer Werbeschrift der Federal Telephone and Radio Corporation [16]) in den USA mit etwa 80 000 Sprechkreis-km in Betrieb bzw. im Aufbau ist. Der 8 kHz Impulsgenerator J_s erzeugt kurze Impulse, die in $^1/_{8000}$ Sekunde die künstliche Leitung L_s durchlaufen und über 24 Anzapfungen dieser Verzögerungsleitung den Kanalmodulatoren $N_{1 \ldots 24}$ zugeführt werden. Auf diese Weise sind die 24 Steuerimpulse zeitlich richtig gegeneinander gestaffelt und werden durch die im Augenblick ihres Eintreffens am Kanalmodulator gerade vorhandene Sprechspannung moduliert. Als Modulator kann man z. B. eine Röhre verwenden, an deren Steuergitter die Sprechspannung und die Spannung des Steuerimpulses sich überlagern. Die Amplitude des im Anodenkreis entstehenden Impulses wird dann von der beim Eintreffen des Steuerimpulses gerade vorhandenen, durch die Sprechspannung gegebenen Gittervorspannung abhängen. Die Impulse von je 8 Kanalmodulatoren werden zusammengefaßt und einer Impulsumformerschaltung $U_{1 \ldots 3}$ zugeführt, die z. B. zunächst durch einen Amplitudenbegrenzer die von den Modulatoren kommenden dreieckförmigen Impulse in längenmodulierte Impulse umformt und dann durch Differentiation auf die Vorderflanke der Impulse bezogene zeitmodulierte Impulse erzeugt. Die nunmehr scharfen Impulse der 3 Im-

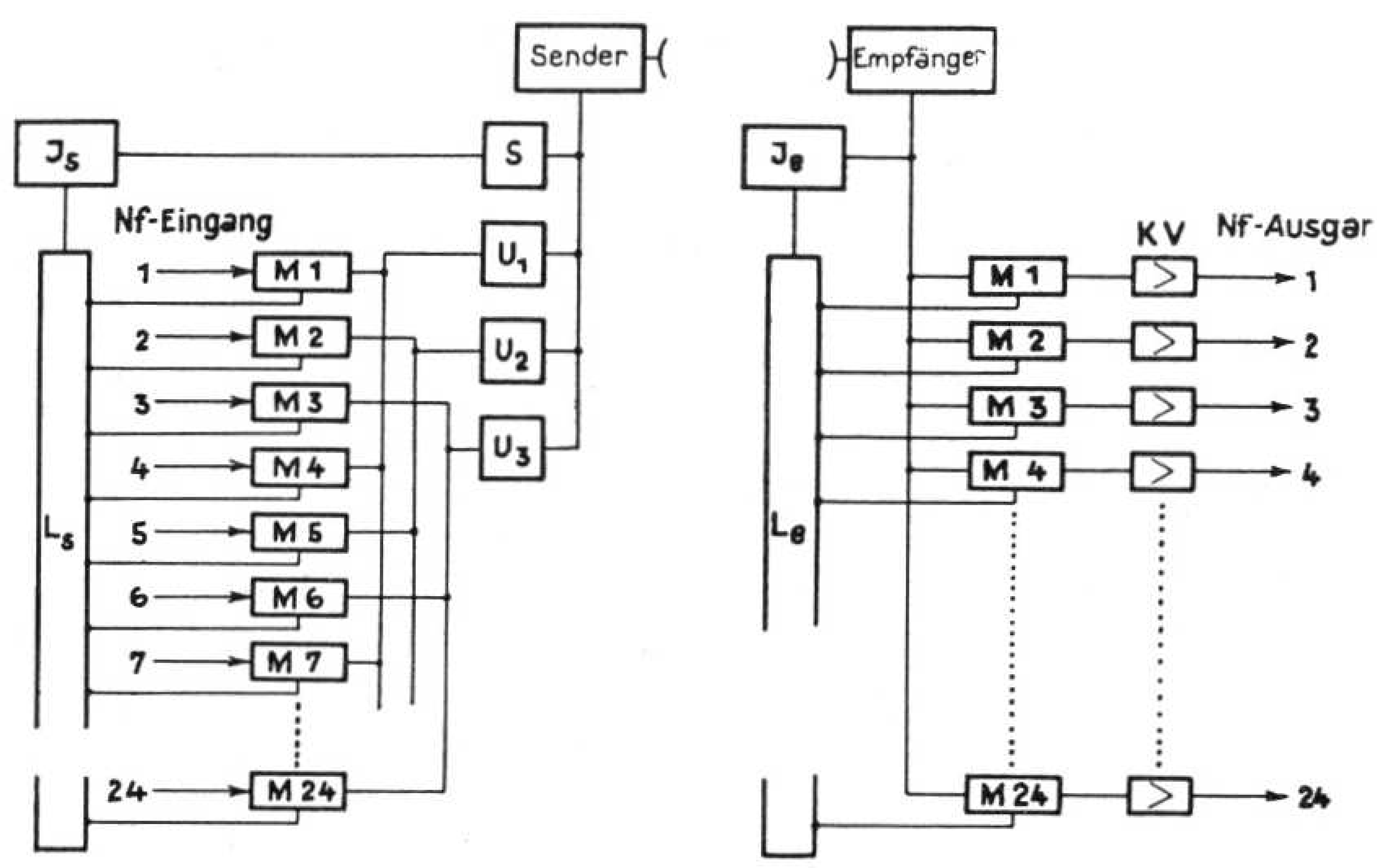


Bild 7. Blockschema des Sende- und Empfangsteils eines Impulsmodulationssystems mit 24 Kanälen

pulsumformer und eines Synchronisierzeichengebers S bilden zusammen das zu übertragende Vielkanalsignal und werden dem Dezimeterwellensender zugeführt.

Auf der Empfangsseite wird zunächst das Synchronisierzeichen (Doppelimpuls mit 1,3 μs Abstand zwischen den beiden Impulsen) ausgesiebt, indem man z. B. das Empfangssignal und ein um 1,3 μs verzögertes Signal überlagert. Im Summensignal sind alle Impulse verdoppelt, der zweite Impuls des Synchronisierzeichens trifft aber genau zusammen mit dem ersten Impuls des verzögerten Synchronisierzeichens, so daß ein Impuls mit doppelter Amplitude entsteht. Durch ein einfaches Amplitudensieb kann dieser doppelt so hohe Impuls leicht von dem übrigen Signal getrennt werden und liefert den Takt für den Impulsgeber J_e der Empfangsseite, dessen Ausgangsimpulse wie auf der Sendeseite wieder über eine Verzögerungsleitung L_e in 24 verschiedenen zeitlichen Phasen abgenommen und den Empfangsdemodulatoren $M_{1\ldots24}$ zugeführt werden. In diesen Modulatoren trifft das Empfangssignal, das z. B. in ein impulshöhenmoduliertes Signal umgeformt wurde, mit den Steuerimpulsen zusammen, die aus dem Vielkanalsignal nur die dem jeweiligen Kanal zugehörigen Impulse ausblenden. Diese Impulse durchlaufen noch, wie bereits beschrieben, ein einfaches Tiefpaßfilter und den Kanalverstärker KV, der die gewünschte Ausgangsleistung liefert.

Da auch noch sehr tiefe Frequenzen einschließlich einer Gleichstromkomponente, die einer ständigen Auslenkung des übertragenen Impulses aus seiner normalen Mittellage entspricht, übertragen werden, ist eine sehr einfache Ruf- oder Wählzeichenübertragung möglich. Den Sendemodulatoren zugeführte Gleichstromzeichen verändern den Anodenruhestrom der Kanalverstärkerröhre auf der Empfangsseite, lassen

sich also durch ein in den Anodenkreis eingeschaltetes Relais wiedergeben.

Die übertragenen Impulse sind 0,5 μs breit, die Einschwingzeit für die Impulsflanken beträgt etwa 0,2 μs. Bei voller Modulation eines Kanals entsteht eine Zeitmodulation der Impulse von $\pm$ 1 μs. Es bleibt also stets noch ein Sicherheitsabstand von etwa 2,5 μs zwischen den Impulsen benachbarter Kanäle, so daß kein störendes Nebensprechen entsteht.

Der mit diesen Impulsen modulierte Sender, der beide Seitenbänder ausstrahlt, belegt ein Frequenzband von mindestens 5,6-MHz-Breite. Ein normales 24-Kanal-Einseitenband-Tf-System benötigt bei 4 kHz Trägerabstand ein 96 kHz breites Frequenzband. Wie bei Frequenzmodulation erhält man also auch bei der Impulsphasenmodulation einen sehr großen Frequenzbandfaktor, in diesem Beispiel 5,6 / 0,096 = 58. Z. Zt. sind die Bereiche 1700 . . . 2300 MHz (13,0 . . . 17,5 cm Wellenlänge) für Richtfunkverbindungen mit Frequenzmodulation oder Impulsphasenmodulation vorgesehen.

Bei den Relaisstellen können die empfangenen Impulse durch Impulsversteilerungsschaltungen, Amplitudenbegrenzer usw. neu geformt und dem Sender für die nächste Teilstrecke zugeführt werden. Auch das Synchronisierzeichen, das aus 2 den Kanalimpulsen genau gleichen Impulsen besteht, nimmt an dieser Impulserneuerung teil, so daß die allein wesentliche zeitliche Orientierung der Impulse zueinander erhalten bleibt. Kleine nichtlineare und Phasen-Verzerrungen des Übertragungswegs sind ohne Einfluß, da sie nur die Impulsform, nicht aber den zeitlichen Abstand der Impulse verändern können.

Die in den Übertragungskanal einströmende Störleistung, im wesentlichen das Rauschen der Eingangsschaltung des Empfängers der End- und Zwischenstellen, führt zu einem Geräuschpegel in den Kanälen, der nicht nur von dem Verhältnis Impuls-/Geräuschleistung und dem Nutzhub, sondern auch von der Steilheit der Impulsflanken abhängt. Bei Verdoppelung der hochfrequenten Bandbreite wird zwar die Rauschleistung des Übertragungskanals verdoppelt, die Störspannung also um $\sqrt{2}$ erhöht. Die Impulse können aber jetzt doppelt so steil und halb so breit gemacht werden; bei gleicher Gesamtleistung der Impulse erhöht sich die Impulsamplitude ebenfalls um den Faktor $\sqrt{2}$. Da das Verhältnis Geräuschamplitude/Impulsamplitude erhalten bleibt, die Steilheit der Impulse aber verdoppelt wurde, wird die empfangene Störspannung auf die Hälfte herabgesetzt. Wie bei der Frequenzmodulation erhält man einen dem aufgewendeten Frequenzband proportionalen Geräuschverminderungsfaktor. Bei Bezug auf gleiche mittlere Sendeleistung und gleiche Bandbreite des Übertragungswegs bleibt aber der Geräuschfaktor bei Impulsphasenmodulation um etwa 1 N ungünstiger als bei Frequenzmodulation [12, 17, 18]. Bei Vielkanal-Systemen wird dieses Verhältnis noch ungünstiger, da bei Impulsmodulation für jeden Kanal der volle Aussteuerungsbereich zur Verfügung stehen muß und der Gewinn fortfällt, der durch die günstigere statistische Verteilung der Sprechleistung

bei trägerfrequent zusammengefaßten Vielkanalbündeln erreicht wird. Für Richtfunkverbindungen mit mehr als 24 Kanälen wird man besser mehrere 24-Kanal-Systeme auf benachbarten Dezimeterwellen einsetzen, die an eine gemeinsame breitbandige Richtantenne angeschlossen werden.

3. Impulscodemodulation

Bei der Impulscodemodulation erfordert die Umwandlung der abgetasteten Amplitudenwerte in die entsprechenden Telegraphierzeichen einen größeren Aufwand bei den Endstellen, so daß die Impulscodemodulation nur für längere Dezimeterlinien mit zahlreichen Relaisstellen in Frage kommt. Die übertragungstechnische Aufgabe besteht jetzt darin, sämtliche Zeichen mit sehr hoher Telegraphiergeschwindigkeit fehlerfrei zu übertragen, wobei in den Relaisstellen die empfangenen Zeichen neu geformt und verzerrungsfrei weitergegeben werden können. Auch bei der Übertragung über sehr viele Relaisstellen hinweg entstehen dann keine zusätzlichen Geräusche in den Sprechkanälen und kein Nebensprechen zwischen den einzelnen Kanälen eines Vielkanal-Systems. Es ist lediglich zu fordern, daß die Geräuschspannung in jedem Abschnitt etwas kleiner bleibt als die Nutzspannung, so daß alle Zeichen noch fehlerfrei vom Störgeräusch getrennt werden können.

Als Störgeräusch kommt auch hier vor allem das Rauschen der Eingangsschaltung der Zwischenverstärker in Betracht; es läßt sich die Wahrscheinlichkeit angeben, mit der infolge der kurzzeitigen hohen Rauschspannungsspitzen ein falscher Stromschritt empfangen wird und welches Geräusch hierdurch in den Sprechkanälen entsteht. Soll dieses Geräusch unter dem für Fernsprechleitungen zulässigen Wert bleiben, so muß der Rauschpegel jeder Teilstrecke um etwa 2 N unter dem Nutzpegel der Signalspannung bleiben [19, 20]. Diese Forderung wird auch bei einer Reihenschaltung sehr vieler Teilstrecken nicht wesentlich erhöht.

Auf den einzelnen Teilstrecken können verhältnismäßig große Verzerrungen zugelassen werden, da alle Zeichenverzerrungen bei der Neuformung der Zeichen wieder beseitigt werden. Der Frequenzbandbedarf bleibt bei Impulscodemodulation in der gleichen Größenordnung wie bei Frequenzmodulation oder Impulsphasenmodulation. Benutzt man ein aus 7 Stromschritten bestehendes Zeichen, mit dem $2^7 = 128$ Amplitudenstufen wiedergegeben werden können, so erhält man für einen Kanal $8000 \cdot 7 = 56\,000$ Stromschritte/s, bei Zweiseitenband-Amplituden-Modulation des Dezimetersenders mit diesem Signal also ein belegtes Frequenzband von etwa 60 kHz Breite, d. h. einen Frequenzbandfaktor 15, wie er auch bei der Frequenzmodulation und Impulsphasenmodulation in Frage kommt.

Wollte man den für die Impulscodemodulation noch geeigneten Übertragungsweg mit einem um 2 N unter der Signalamplitude liegenden Rauschpegel zur frequenzmodulierten Übertragung eines 4-kHz-Fernsprechkanals verwenden, so könnte man z. B. mit einem Frequenzhub

$\Delta f = \pm 24$ kHz, d. h. einem Hubfaktor $\Delta f/f_1 = 6$ arbeiten und erhält einen Geräuschabstand von $2\,N + \frac{1}{2} \cdot \ln 15 + \ln 6 + 0{,}2 = 5{,}3\,N$ (bezogen auf volle Aussteuerung). Bei der Reihenschaltung von m gleichen Teilstrecken wird dieser Wert noch um $\frac{1}{2} \cdot \ln m$ verschlechtert, bei 20 Teilstrecken also auf 3,8 N, was einem Geräuschpegel von etwa —3 N am relativen Pegel 0 eines Fernsprechkanals entspricht.

Ein für die Impulscodemodulation charakteristisches Geräusch entsteht, unabhängig von der Zahl der Relaisstellen, durch die endliche Aufteilung der Signalamplituden in einzelne Amplitudenstufen. Jeder übertragene Amplitudenwert wird bis zu $\pm \frac{1}{2}$ Amplitudenstufen gefälscht, wobei sämtliche Abweichungen innerhalb dieses Bereichs gleich wahrscheinlich sind. Der Effektivwert der so entstehenden Störamplitude ist $u_{st} = 1/2\sqrt{3}$; die Amplitude einer Sinusspannung, die den aus 2^n Stufen bestehenden Übertragungsbereich voll aussteuert, ist dagegen $2^n/2$, ihr Effektivwert also $u = 2^n/2\sqrt{2}$ und das Verhältnis Nutzspannung/Störspannung wird $u/u_{st} = 2^n\sqrt{3/2}$. Das rauschähnliche Störgeräusch liegt also um $\ln u/u_{st} = n \cdot \ln 2 + 0{,}2\,N$ unter der vollen Aussteuerung. Bei $n = 7$ Stromschritten je Zeichen wird ein Störabstand von 5,1 N unter Vollaussteuerung, also etwa 4,4 N unter dem relativen Pegel 0 eines über das Impulscodemodulations-System geschalteten Fernsprechkanals erreicht, der noch um 1 . . . 2 N verbessert werden müßte, wenn die CCIF-Empfehlungen (5 N, bei Weitverkehrsleitungen 6 N Geräuschabstand am relativen Pegel 0) eingehalten werden sollen. Statt der Erhöhung der Stromschrittzahl von $n = 7$ auf $n = 9$ kann man auch geräuschmindernde Amplitudenpresser und Amplitudendehner in den Niederfrequenz-Ein- und -Ausgängen der Endstellen verwenden. Die Amplitudenstufen sind dann nicht mehr alle gleich groß, sondern liegen für kleine Amplituden der Sprechspannung dichter beieinander und das Grundgeräusch des nicht besprochenen Kanals wird entsprechend kleiner. Daß der Geräuschpegel bei lautem Sprechen ansteigt, wirkt nicht störend, da dieses Geräusch (wie das durch nichtlineare Verzerrungen des Sprechkanals entstehende Klirrgeräusch) durch die Sprache selbst überdeckt wird.

Die außerordentlich mannigfaltigen Möglichkeiten zur Umsetzung der Sprechspannungsamplituden in Telegraphierzeichen und zur Zusammenfassung der von mehreren Kanälen kommenden Zeichen zu dem übertragenen Vielkanal-Signal können hier nur angedeutet werden. Der erste Schritt besteht meist in einer Umsetzung der Sprechspannung in eine Impulsamplituden- oder Impulslängenmodulation. Zur weiteren Umsetzung (Codierung) kann eine Braunsche Röhre benutzt werden [19], deren Elektronenstrahl über die einzelnen Zeilen einer Blendenplatte (Bild 8) geführt wird, wobei die senkrechte Ablenkung, d. h. das ausgewählte Zeichen, durch die Sprechspannungsimpulse eingestellt wird. Der durch die Blendenöffnungen hindurchgehende Elektronenstrom entspricht dem zeitlichen Verlauf der zu übertragenden Telegraphierzeichen. Durch elektronische Schaltvorrichtungen [19, 21], z. B. einen Elektronenstrahl, der auf einer in viele Segmente unterteilten Kollektoranode um-

läuft, können die von den einzelnen Sprechkanälen kommenden Impulse den Codierungsstufen zugeleitet und die codierten Zeichen zu einem Vielkanal-Sendesignal zusammengefaßt werden, das bei einer 12-Kanalgruppe und 7 Stromschritten je Zeichen insgesamt $12 \cdot 8000 \cdot 7 = 672\,000$ Stromschritte/s enthält. Ein anderes Codierungsverfahren besteht darin, daß man die zunächst längenmodulierten Sprachimpulse einem binären

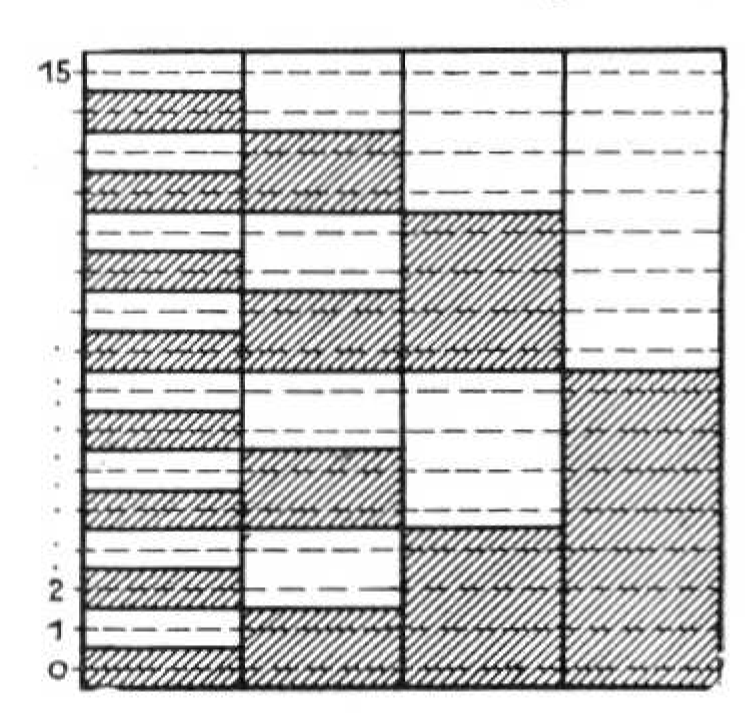


Bild 8. Blendenplatte einer Elektronenstrahlröhre zur Codierung mit 16 Amplitudenstufen

elektronischen Zählwerk zuführt, dessen von der Impulsdauer abhängige Einstellung dann das zu übertragende Zeichen wiedergibt [22]. Bei einem anderen Codierungsverfahren [23] wird jeder Sprachimpuls zuerst darauf geprüft, ob er mehr als die Hälfte der maximalen Impulsspannung erreicht; in einer zweiten Stufe wird geprüft, ob die Impulsspannung oder der nach der ersten Messung verbleibende Rest mehr als $1/4$ der vollen Spannung erreicht usf. Die Prüfergebnisse aller Stufen werden als Zeichen oder Trennstromschritte aneinander gereiht und ergeben das zu übertragende Telegraphierzeichen.

Wesentlich einfacher als die Codierung der Sprachimpulse auf der Sendeseite ist die Rückumwandlung der empfangenen Telegraphierzeichen in amplitudenmodulierte Impulse auf der Empfangsseite. Einem Kondensator C wird mit jedem empfangenen Zeichenstromschritt eine bestimmte Ladung Q zugeführt, durch die seine Spannung um $U = Q/C$ erhöht wird. Der Entladewiderstand wird so gewählt, daß in der Zeitdauer eines Stromschritts der Kondensator sich gerade zur Hälfte entlädt. Wenn der dem letzten Stromschritt entsprechende Ladungsimpuls eintrifft, ist also die von dem vorletzten Impuls herrührende Ladung bereits auf die Hälfte, die von noch früheren Impulsen stammende Ladung auf $1/4$, $1/8$ usw. ihres ursprünglichen Wertes zurückgegangen. Die am Kondensator nach Eintreffen des letzten Stromschritts noch vorhandene Spannung ist also unmittelbar der durch das Telegraphierzeichen dargestellten Impulsamplitude proportional und kann durch einen Ableseimpuls der Endstufe des betreffenden Kanals zugeleitet werden.

V. Richtfunkverbindungen für Weit- und Nahverkehrsleitungen

Die hier betrachteten Modulationsverfahren dürfen nicht nach ihrem augenblicklichen Entwicklungsstand miteinander verglichen wer-

den. Neben den schon lange bekannten und erprobten Modulationseinrichtungen der Draht- und Funktechnik stehen die erst in den letzten Jahren entwickelten Geräte für Richtfunkverbindungen mit Dezimeter- und Zentimeterwellen. Auch die erwähnten größeren Versuchsanlagen können nur als erste Ausführungsbeispiele angesehen werden, die noch wesentliche Vereinfachungen im Aufbau der Geräte und hinsichtlich des Röhrenaufwands zulassen; sie zeigen aber, daß Richtfunklinien mit sehr vielen Relaisstellen schon jetzt zuverlässig und übertragungstechnisch einwandfrei arbeiten können.

Der theoretische Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Modulationsverfahren bei Bezug auf gleiche Senderleistung und gleiche belegte Bandbreite [12, 13, 17, 18] gibt noch keine Auskunft über deren praktische Verwendbarkeit, da die ganz unterschiedlichen Anforderungen an die Frequenzkonstanz und Verzerrungsfreiheit der Richtfunksender und Empfänger, die Frage der Pegelregelung, Nebensprechfreiheit usw. den tatsächlichen Aufwand für die Geräte und die Betriebssicherheit einer Richtfunklinie bestimmen.

Man wird zweckmäßig unterscheiden zwischen Richtfunklinien für den Weitverkehr, die hinsichtlich ihrer Übertragungsgüte grundsätzlich den CCIF-Empfehlungen für Weitverkehrsleitungen genügen und wie die Trägerfrequenzkabellinien für die Übertragung sehr großer Kanalzahlen eingesetzt werden, und Nahverkehrsgeräten, die innerhalb einer Netzgruppe billige und für den Wählverkehr geeignete Leitungen schaffen sollen. Im ersten Falle bietet die frequenzmodulierte Übertragung eines trägerfrequenten Bündels von einigen hundert Kanälen die Möglichkeit, Richtfunklinien als Teilstrecken im Trägerfrequenz-Fernkabelnetz zu verwenden. Als Endeinrichtungen werden die normalen Trägerfrequenzgeräte benutzt und man erhält auch für die Aussteuerung des Übertragungswegs alle durch die trägerfrequente Zusammenfassung zahlreicher Kanäle entstehenden Vorteile. Wie in der Koaxialkabeltechnik wird man den Übertragungsweg so einrichten, daß Fernsehen oder Vielkanalfernsprechen übertragen werden kann. Das ausführlich dargestellte Beispiel der Richtfunkanlage New York — San Francisco zeigt bereits zahlreiche Merkmale, die voraussichtlich auch in Zukunft für derartige Verbindungen kennzeichnend sein werden: Die Verwendung sehr kurzer, mit kleinen Antennen gut zu bündelnder Wellen; breitbandige Antennen, an die mehrere Sender und Empfänger in benachbarten Wellenbereichen angeschlossen werden können; hohe Zwischenfrequenzverstärkung und eine geringe Verschiebung zwischen Sende- und Empfangsfrequenz bei den Relaisstellen, durch die Rückwirkungen zwischen den Sende- und Empfangsantennen vermieden werden sollen. Die an sich mögliche und übertragungstechnisch günstige unmittelbare Verstärkung der ankommenden Frequenz bis zu einer Sendeleistung von einigen Watt ohne jede Frequenzumsetzung würde zwar den einfachsten Schaltungsaufbau ergeben, erfordert aber eine über die Selbsterregungsgrenze um mehrere Neper hinausgehende und im allgemeinen nicht mehr erreichbare Entkopplung zwischen den Sende- und Empfangsantennen.

Die Entwicklung der Richtfunksender und Empfänger ist noch keineswegs abgeschlossen und weitgehend abhängig von den weiteren Erfahrungen und Erfolgen bei der Herstellung der Höchstfrequenz Sende- und Verstärkerröhren.

Bei den Nahverkehrssystemen werden voraussichtlich Mehrkanalgeräte mit Impulsphasenmodulation und frequenzmodulierte Richtfunkgeräte, die trägerfrequente Sprechkreisbündel übertragen, miteinander konkurrieren. Als Trägerfrequenzgeräte kommen in diesem Falle die verbilligten Endstellen des Tf-Netzgruppensystems in Frage. Überträgt man z. B. nur Bündel bis zu 24 Kanälen über wenige Relaisstellen, so werden die übertragungstechnischen Anforderungen an die Richtfunksender und Empfänger wesentlich geringer als bei Weitverkehrslinien mit sehr hoher Kanalzahl und lassen sich auch bei einfacheren Geräten ohne Schwierigkeit erfüllen. Die Sendeleistungen können geringer sein als bei Verbindungen mit Impulsphasenmodulation, da bei Frequenzmodulation ein höherer Modulationsgewinn erreicht wird. Daß sich die Trägerfrequenz-Endgeräte mit den übrigen, über Drahtleitungen betriebenen Endgeräten, zu einem einheitlichen Amt vereinigen lassen, kann als weiterer Vorteil angesehen werden.

Für die Nahverkehrsgeräte mit Impulsphasenmodulation ergibt sich also die Forderung, daß Anschaffungs- und Betriebskosten geringer sein müssen als bei den Geräten mit trägerfrequenter Bündelung. Ein etwas größerer Röhrenaufwand ist vertretbar, zumal man bei Netzgruppengeräten billigere Röhren mit größeren Toleranzen als bei Weitverkehrseinrichtungen verwenden kann. Störungsfreies Arbeiten auch in fernüberwachten Ämtern und einfache Bedienbarkeit bei der Einrichtung und Überwachung der Netzgruppenverbindungen sind in jedem Falle Voraussetzungen für die Brauchbarkeit der Netzgruppen-Mehrkanalsysteme.

Schrifttum

1. W. Zerbel: Das deutsche Trägerfrequenzsystem V 60. Fernmeldetechn. Zeitschr. 4 (1951) 193—201; 268—274.
   J. Schniedermann: Neue Fernsprech-Weitverkehrssysteme, Frequenz 5 (1951) 125—137. Entwicklungsberichte der Siemens & Halske AG 14 (1951) 11—20.
2. B. D. Holbrook u. J. T. Dixon: Load rating theory for Multi-Channel Amplifiers. Bell Syst. Techn. J. 18 (1939) 624—644.
3. R. S. Caruthers: The Type N 1 Carrier Telephon System. Bell Syst. Techn. J. 30 (1951) 1—32.
4. C. E. Lane: Crystal Channel Filters for Cable Carrier System. Bell. Syst. Techn. J. 17 (1938) 125—136.
5. H. Lehmann: Verlustkompensierte Filter in Tf-Systemen. Fernmeldetechn. Zeitschr. 3 (1950) 415—417.
6. F. Ellrodt: Die Übersee-Funkeinrichtungen des Funkamts Frankfurt/M. Fernmeldetechn. Zeitschr. 3 (1950) 346—355.
7. P. Oehlen: Eindringen der Trägerfrequenztechnik in die Fernsprech-Netzgruppe. Felten und Guilleaume Rundschau Heft 33 (1951) 260—266.
8. L. W. Morrison: Television Terminals for Coaxial Systems. AIEE-Procedings 68 (1949) 1—7.

9. K. Küpfmüller: Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung. Hirzel-Verlag Stuttgart 1949, S. 278 ff.

10. M. G. Crosby: Frequency Modulation Noise Characteristics. Proc. I. R. E. 25 (1937) 472—514.

11. G. R. Frantz: Repeaters for the TD 2 Radio Relay System. Bell Lab. Rec. 29 (1951) 356—360.
J. B. Maggio: Terminals for the TD 2 Radio Relay System. Bell Lab. Rec. 29 (1951) 314—317.

12. K. O. Schmidt: Technische Grundlagen für Richtfunkverbindungen im Dezimeter- und Zentimeterwellenbereich. Fernmelde-Ingenieur 5 (1951) Heft 5, Die Planung von Richtfunkanlagen im Dezimeter- und Zentimeterwellenbereich. Fernmelde-Ingenieur 5 (1951) Heft 8.

13. F. A. Fischer: Grundgedanken der modernen Theorie der Nachrichtenübertragung. Fernmelde-Ingenieur 5 (1951) Heft 4.

14. E. Hudeck: Die Übertragung von Funkbildern nach dem Impulsverfahren. Telegraphen und Fernsprechtechnik 27 (1938) 1—13.

15. G. Ulbricht: Die Richtfunk-Verbindungsanlage IDA 22. Telefunkenzeitung 24 (1951) Heft 92, S. 143—162.

16. Long Distance Communication by Microwaves; FTL—10 B PTM Microwave Link. Technical Memorandum 366 der Federal Telecommunication Laboratories.

17. H. F. Mayer u. E. Hölzler: Einige Entwicklungstendenzen in der Übertragung von Nachrichten. Frequenz 5 (1951) 156—166, Entwicklungsberichte der Siemens & Halske AG 14 (1951) Heft 1, S. 1—10.

18. M. Kluge: Quantitativer Vergleich von Modulationsverfahren in Draht- und Funktechnik. Elektrotechnik 2 (1948) 65—69.

19. L. A. Meacham u. E. Peterson: An experimental Multichannel Pulse Code Modulation System of Toll Quality. Bell Syst. Techn. J. 27 (1948) 1—43.

20. H. F. Mayer: Principles of Pulse Code Modulation. Advances in Electronics 3 (1951) 221—260.

21. F. Schröter: Elektronenstrahlschalter. Telefunkenzeitung 24 (1951) Heft 92, S. 171—186.

22. H. S. Black u. J. O. Edson: Pulse Code Modulation. AIEE-Transactions 66 (1947) 895—899.

23. W. M. Goodall: Telephony by Pulse Code Modulation. Bell Syst. Techn. J. 26 (1947) 345—409.

H. Raettig

Neues in Fernverkehrstechnik und -betrieb

A. Überblick über die Zeit nach 1945

Nach dem Zusammenbruch des Jahres 1945 ruhte vorübergehend jeder Fernsprechbetrieb. Im wesentlichen infolge der Initiative der Oberpostdirektionen und Ämter wurde er je nach den örtlich vorhandenen Möglichkeiten allmählich wieder aufgenommen. Die schweren Schäden in den Ortsämtern und Ortsnetzen konnten erst nach Jahren ausgeglichen werden, und erst im Jahre 1950 wurden in fast allen Bezirken die Zahlen der Hauptanschlüsse des Jahres 1939 überschritten. Auch der Fernverkehr konnte nur allmählich wieder in Gang gebracht werden. Am schwierigsten war die Aufgabe dort, wo Gebäude oder Einrichtungen der Fernämter zerstört oder beschädigt waren. Aber auch die unversehrt gebliebenen Fernämter wurden, weil sie schon während des Krieges mit der Verkehrsentwicklung nicht hatten Schritt halten können, bald zu klein und mußten, vielfach zunächst behelfsmäßig, erweitert werden. Der Fernleitungspark war und ist noch unzureichend. Viele Fernleitungen und auch ein Teil der Verteil- und Durchgangsfernämter entsprachen nicht den übertragungstechnischen Bedingungen.

Erst nach der Vereinigung der drei Westzonen Deutschlands konnten in zunehmendem Umfange einheitliche betriebliche Forderungen für die technische Gestaltung der Fernämter und für die Zumessung von Fernleitungen festgelegt und die Betriebsregeln wieder einheitlicher gestaltet, insbesondere auch Leitregeln herausgegeben werden.

Der Fernbetrieb verfügt nach wie vor über ein Netz, das in den Ausläufern (Überweisungsbereichen) sternförmig, im übrigen sehr stark vermascht ist. Überwiegend ist der Fernverkehr auch heute noch handbedient. In den bayerischen Gebieten und in der Pfalz besteht in den automatisierten Teilen der Überweisungsbereiche (Netzgruppen) die Selbstwahl durch die Teilnehmer. Im Rhein-Ruhrbereich, im Raume Hamburg — Lübeck und im Raume Frankfurt (Main) sind für den Nahverkehr dem Fernnetz unterlagerte Schnellverkehrsnetze vorhanden. Eine größere Zahl von kleinen handbedienten Vermittlungsstellen, insbesondere in Bayern, wickelt den Fernverkehr noch selbst betriebführend ab; doch soll dieser Fernverkehr möglichst bis 1953 auf die zuständigen Überweisungsfernämter übergeleitet werden.

Die früher übliche Unterteilung des Fernnetzes in die drei Ebenen der Durchgangs-, Verteil- und Endfernämter ist heute, soweit es sich um den handbedienten Fernverkehr handelt, etwas gekünstelt. Denn die Verteilfernämter und die Durchgangsfernämter sind (bis auf einige noch nicht entsprechend ausgestattete Verteilfernämter) qualitativ gleichwertig mit der F-36-Technik eingerichtet und nur quantitativ, in der Zahl ihrer Verkehrsbeziehungen und Fernleitungen verschieden. Die Durchgangs- und Verteilfernämter können daher für die Vermittlung von Durchgangsgesprächen unterschiedslos herangezogen werden, um die Leitregeln zu erfüllen, die den geringsten Aufwand an Personalkosten, Amtseinrichtungen und Fernleitungen bezwecken.

Der Fernverkehr ist, ebenso wie die Zahl der Fernsprechanschlüsse, in stetem Steigen begriffen und hat sich gegenüber 1939 bisher etwa verdoppelt. Wegen des Mangels an Fernleitungen mußte insbesondere im Weitverkehr das Wartezeitverfahren angewendet werden, das durch Abflachen der Verkehrsspitzen die höchste Ausnutzung der Fernleitungen ergibt. Mit der Verlegung von trägerfrequent ausgenutzten Kabeln und mit dem Einsatz von Trägerfrequenzgeräten auch auf vorhandenen Kabeln und auf Freileitungen gelingt es jedoch bei wirtschaftlichem Aufwand, fortschreitend die Zahl der Fernleitungen so zu vermehren, daß der wartezeitlose Verkehr, der Sofortverkehr, in ständig zunehmendem Maße eingeführt werden kann.

Das Bestreben geht jedoch dahin, den handbedienten Fernverkehr nur im Rahmen des Notwendigsten zu erweitern, weil dieser ja mit der Einführung der Landesfernwahl immer weiter zurückgehen wird, bis endlich die meisten Endfernämter ganz entbehrlich werden und die verbleibenden Fernämter weit weniger Verkehr zu vermitteln haben werden, als dies heute der Fall ist. Um trotz des ansteigenden Fernverkehrs die Fernämter klein halten zu können, geht man mehr und mehr dazu über, den Selbstwählferndienst in verschiedenen Ausfüh-

rungsformen mit dem Endziel der Landesfernwahl einzurichten. Aber auch die fortschreitende Umstellung des handbedienten Fernverkehrs vom Wartezeitverfahren auf den Sofortverkehr dient neben der Verbesserung des Ferndienstes an sich dem Ziel der Kleinhaltung der Fernämter. Denn der Arbeits- und Fernplatzaufwand je Ferngespräch ist beim Sofortverfahren niedriger als beim Wartezeitverfahren.

Der Auslands-Fernverkehr ist seit seiner Wiedereröffnung rasch angestiegen. Auch hier wird die wartezeitlose Betriebsweise angestrebt. Doch ist diese davon abhängig, daß im Inland für die Herstellung von Durchgangsgesprächen genügend Fernleitungen vorhanden sind. Für den Fernverkehr mit der Schweiz und mit Holland, wo die Landes-Fernsprechnetze voll automatisiert sind, ist in Aussicht genommen, für die aus Deutschland kommenden Gespräche von den deutschen Grenzämtern aus die schweizer und holländischen Teilnehmer durch Beamtinnen-Fernwahl unmittelbar anzuwählen. Der Auslands-Fernverkehr mit Übersee über Funkverbindungen hat ein erhebliches Ausmaß erreicht; an erster Stelle steht der Verkehr mit den Vereinigten Staaten.

Neben dem Fernverkehr mit Schiffen in See über die Küstenfunkstellen steht als neuer Verkehrszweig der Fernverkehr mit Binnenschiffen des Rheins. Daneben wird in absehbarer Zeit der Fernverkehr mit fahrenden Kraftwagen aufgenommen werden. Hier wird, betrieblich gesehen, das Feststellen des Standortes der schnell beweglichen Kraftwagen für das Absetzen der Ferngespräche vom festen zum beweglichen Teilnehmer einige Schwierigkeiten bereiten. Aber auch in umgekehrter Richtung wird ein gut und praktisch ohne Wartezeiten arbeitendes Fernverkehrsnetz Voraussetzung sein für eine ausreichende Betriebsgüte des Fernverkehrs vom beweglichen zum festen Teilnehmer.

Im Vordergrund des Interesses stehen heute Technik und Betrieb des Selbstwählferndienstes in seiner endgültigen Form der Landesfernwahl. Da diese jedoch erst in ein bis zwei Jahrzehnten verwirklicht werden kann, müssen Zwischenlösungen geschaffen werden; ihre Durchführung ist bereits in vollem Gange. Endlich ist die Eingliederung der Fernämter in die Landesfernwahl und ihre dadurch bedingte völlige technische Umgestaltung ein bedeutsames Problem. Von diesen Dingen soll daher im folgenden ausführlich die Rede sein.

B. Künftiger Selbstwählferndienst

Schon nach der Inbetriebnahme der ersten Wählvermittlungen für Ortsverkehr zeigte sich eindeutig die betriebliche und wirtschaftliche Überlegenheit des Wähldienstes gegenüber dem handvermittelten Dienst. Sehr bald wurde daher auch im Fernverkehr die Teilnehmerselbstwahl mit Vorteil eingesetzt. Beim Wiederaufbau des Ferndienstes nach dem 2. Weltkrieg war es deshalb naheliegend, auch für den Fernverkehr, soweit es leitungs- und übertragungstechnisch möglich war, Teilnehmerselbstwahl vorzusehen. Das damals ins Auge gefaßte Ziel war, den Selbstwählferndienst so auszubauen, daß jeder Teilnehmer inner-

halb Deutschlands jeden anderen Teilnehmer unmittelbar wählen kann (Landesfernwahl).

In enger Zusammenarbeit mit der Fernmeldeindustrie wurden durch die „Beratenden Technischen Ausschüsse für das Fernsprechwesen" (BTAF) grundsätzliche Empfehlungen für einen solchen selbsttätigen Fernsprechfernverkehr ausgearbeitet, die vom Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen im Dezember 1949 als „Technische Richtlinien für die künftige Landesfernwahl" genehmigt wurden. Sie sind die Grundlage der heutigen Entwicklung und Planung. Sie sollen deshalb zunächst umrissen werden.

I. Grundzüge der Landesfernwahl

a) Kennzahlen

Für die deutsche Landesfernwahl ist festgelegt, daß „das Fernverkehrsnetz über eine Verkehrsausscheidungsziffer (0) angesteuert und jeder Ort über eine stets gleiche Kennzahl — Ortskennzahl — erreicht wird". Es gibt damit nur ein Fernverkehrsnetz, in dem jedes Ortsnetz eine nur ihm eigene „offene" Kennzahl erhält, so wie innerhalb des Ortsnetzes jedem Teilnehmer eine nur einmal vorkommende Fernsprechrufnummer zugeteilt ist. Die Kennzahl setzt sich zusammen aus der Verkehrsausscheidungsziffer (0) und den dem Bestimmungsort zugeteilten Kennziffern. Sie ist im allgemeinen 5stellig, z. B. 06221 für das Ortsnetz Heidelberg. Sie ist zu wählen, wenn der gewünschte Teilnehmer nicht zum eigenen Ortsnetz gehört. Die Betriebsweise im Fernverkehr ist damit eindeutig, einheitlich und vollkommen unabhängig von der Lage des Ausgangsortes zum Zielort.

Diese Einfachheit und Klarheit für den Benutzer geht verloren, wenn man das Fernverkehrsnetz unterteilt, so daß ein Ortsnetz entweder nur im Nah- oder im Weitverkehrsnetz erreicht werden kann. Damit könnte zwar ein großer Teil des Fernverkehrs, der in den Nahbereich und in einige benachbarte Städte geht, über kurze Kennzahlen abgewickelt werden, unter Einsparung von Umsteuereinrichtungen und Wählerstufen. Aber die Trennung des Nah- und Weitverkehrs hätte zur Folge, daß zwei Verkehrsausscheidungsziffern benutzt und dieselben Kennzahlen, um sie kurz zu halten, mehrmals vergeben werden müßten. Die Erfahrungen in der bayerischen Netzgruppentechnik lehren jedoch, daß dieses Nebeneinander Betriebsschwierigkeiten mit sich bringt. Da ferner das Nahverkehrsnetz nach dämpfungs- und kennzahlentechnischen Gesichtspunkten aufzubauen wäre, deckt es sich in der Regel nur unvollkommen mit den wirtschaftlichen Interessengebieten. Damit lassen sich Härten besonders in den Randgebieten nicht vermeiden.

Diese betrieblichen Schwierigkeiten lassen sich mildern, wenn die Orte des Nahbereiches nicht ausschließlich über die verkürzten Nahverkehrskennzahlen angewählt werden können, sondern daneben auch über das Fernverkehrsnetz mit einheitlichen Kennzahlen erreichbar ge-

macht werden. Damit tritt aber sowohl für die Fernwahleinrichtungen als auch insbesondere für die Leitungen eine Bündeltrennung ein, die mehr kostet, auch dann, wenn die Verzonungsrichtungen für den Nahverkehr stark vereinfacht werden. Nur in Gebieten mit sehr starken Verkehrsbeziehungen wird eine solche Lösung wirtschaftlich vertretbar sein.

Auch in den Empfehlungen des CCIF ist festgelegt, daß im zwischenstaatlichen Fernwähldienst jeder Ort über *eine* stets gleiche Kennzahl erreicht werden soll.

b) Netzaufbau

Für den Verbindungsaufbau ergeben sich die einfachsten und übersichtlichsten Verhältnisse, wenn die Kennzahl auch die Lage des Ortsnetzes innerhalb des Netzaufbaues bestimmt, wenn sich also Kennzahlplan und Netzplan decken. Wegen der Zehnerteilung unseres Zahlensystems stehen dann jedem Netzknotenbereich 10 Ziffern zur Verfügung. Beim Abgrenzen der einzelnen Bereiche ist es jedoch aus geographischen, verkehrsmäßigen, leitungs- und dämpfungstechnischen Gründen nicht immer möglich, alle Ziffern auszuschöpfen. Die Vorteile, die in der Übereinstimmung von Netzplan und Kennzahlenplan liegen, sind jedoch so groß, daß man diesen Verlust von Kennzahlen bei der Landesfernwahl in Kauf nimmt. Bei einem Verkehrsgebiet von der Größe Deutschlands ist er auch tragbar, da dadurch die allgemein 5stelligen Kennzahlen nur für einige wenige Bereiche durch eine Ziffer (1) erweitert werden müssen.

Das Verkehrsnetz gliedert sich in 4 Netzebenen: mit Zentralämtern (ZÄ), Hauptämtern (HÄ), Knotenämtern (KÄ) und schließlich den Ortsnetzen als Endämtern (EÄ). Die Ortskennzahl für Heidelberg 06221 gibt beispielsweise an, daß dieses Ortsnetz zum ZA-Bereich 6 (ZA Frankfurt/Main), zum HA-Bereich 62 (HA Mannheim) und zum KA-Bereich 622 (KA Heidelberg) gehört. Da das Endamt mit dem Ort des Knotenamtes zusammenfällt, endet die Ortskennzahl mit einer 1.

Um die Gesamtzahl der zu wählenden Ziffern bei den Endämtern am Sitze der Zentral- und Hauptämter, die in der Regel bereits 5- und 6-stellige Teilnehmerrufnummern aufweisen, nicht übermäßig groß werden zu lassen, ist für diese Ortsnetze eine um eine Ziffer kürzere Kennzahl vorgesehen. Das Kennzahlende, das g.F. für Speicher und Umrechner wesentlich ist, ist auch hier eindeutig bestimmt, da bei verkürzten Kennzahlen grundsätzlich die Ziffer 1 am Ende verwendet wird, z. B. 0611 für EA Frankfurt/Main, 0621 für EA Mannheim. Die Ziffer 1 kann dann natürlich nicht mehr als Kennziffer eines Knotenamtsbereiches dienen.

Bei der Landesfernwahl sind auch für den Dienstverkehr und den Fernamtsanruf einheitliche Rufnummern vorgesehen. Im Endzustand sind für den Dienstverkehr 0113 bis 0119 und für das Fernamt 00 (000) zu verwenden. Damit stehen für die Zentralämter die Ziffern 1 und 0 nicht mehr zur Verfügung. Um genügend Reserven zu

haben, sind daher neben den Ziffern 2 bis 9 noch die Zahlen 12 bis 19 als Z-Ziffern in Aussicht genommen. Damit können bis zu 16 ZA-Bereiche geschaltet werden. In den Verzonungs-, Speicher- und Umrechnungseinrichtungen können die 2-stelligen Z-Ziffern (durch Ausnützen der Raststellung oder der 11. Schritte der Wähler) ohne großen zusätzlichen Aufwand erfaßt werden. Im Verbindungsaufbau bedingen die ZA-Bereiche 12 bis 19 jedoch eine weitere Gruppenwählerstufe.

Nach der vorliegenden Planung ist das Bundespostgebiet in 7 ZA-Bereiche eingeteilt, mit den Zentralämtern Düsseldorf, Hamburg, Hannover, Frankfurt, Stuttgart, München und Nürnberg. Die Gliederung eines ZA-Bereiches ist in Bild 1 dargestellt. An jedes Zentralamt sind bis zu 10 Hauptämter angeschlossen. Jedes Zentralamt ist gleichzeitig

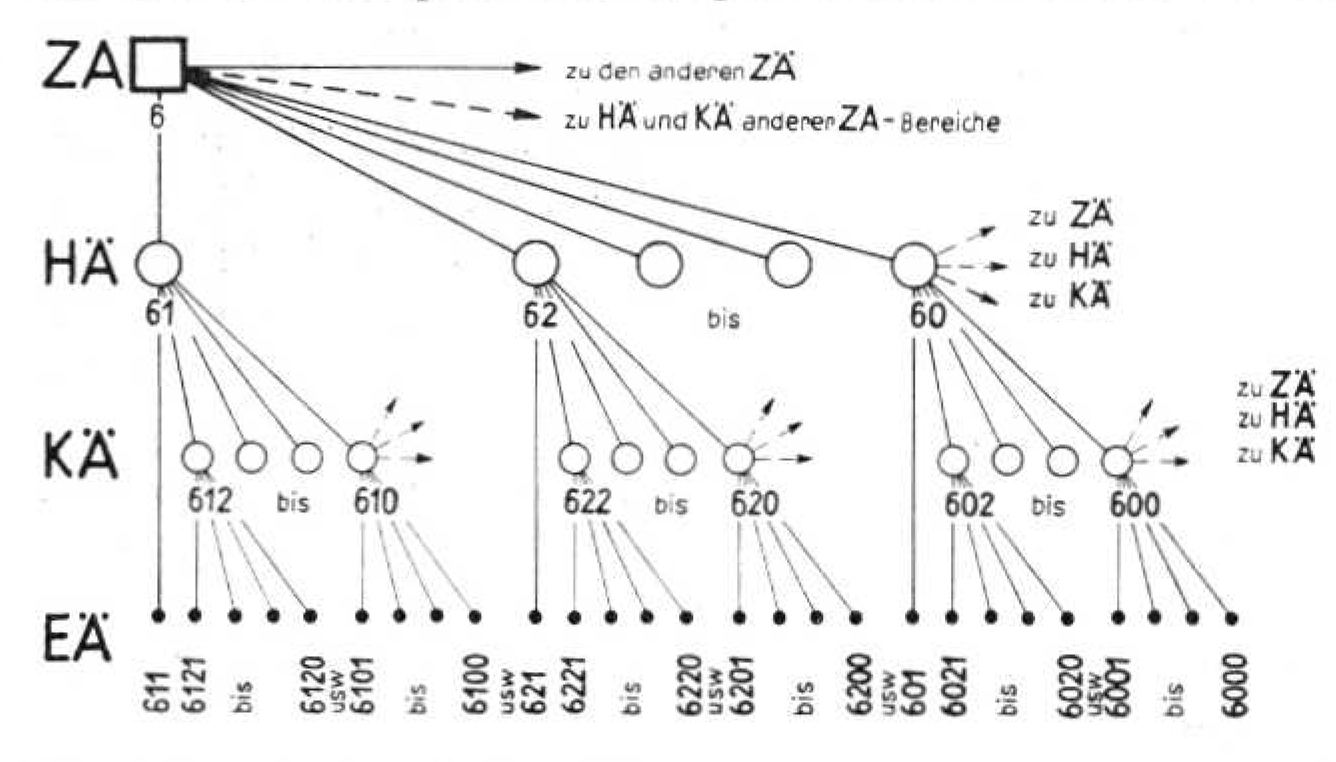


Bild 1. Netzbild eines Zentralamtsbereiches

Hauptamt. An jedes Hauptamt sind im Durchschnitt 6 bis 7 Knotenämter herangeführt. Dazu kommt der KA-Bereich des Hauptamtes selbst. An jedes Knotenamt sind bis zu 10 Ortsnetze angeschlossen.

Bei weiträumigen Wirtschaftsgebieten oder geschlossenen Bereichen mit vielen Ortsnetzen, die verkehrstechnisch stark auf einen Mittelpunkt ausgerichtet sind, ist es manchmal im Hinblick auf das vorhandene Kabelnetz vorteilhaft, mehr als 10 Endämter oder mehr als 9 Knotenämter zu einem Bereich zusammenzufassen. Dann sind Doppelknoten- oder Doppelhauptämter zu bilden, die bis zu 20 Endämter oder 19 Knotenämter aufnehmen können.

Der durch die Kennzahlen vorgezeichnete Netzaufbau ergibt ein reines Sternnetz mit den Zentralämtern als höchstem Verknotungspunkt. Die Zentralämter selbst sind maschenförmig untereinander verbunden. Dieser in Bild 1 mit ausgezogenen Linien dargestellte, bei reiner Direktwahl einzuschlagende Weg wird als Kennzahlweg bezeichnet. Er gestattet die weitestgehende Zusammenfassung und höchstmögliche Ausnutzung der Leitungen. Für den sehr erheblichen Verkehrsanteil der innerhalb eines KA- oder HA-Bereiches und zwischen benachbarten, aber verschiedenen Netzknotenpunkten zugeordneten Bezirken abgewickelt wird, würden jedoch die Verbindungen über die übergeordneten Zentralämter im Vergleich zu der tatsächlichen Entfernung unverhältnismäßig lang werden. Dazu kommt noch

die unnötige Inanspruchnahme der Schalteinrichtungen in allen beteiligten Verknotungsstellen. Es ist daher für die Landesfernwahl gefordert, von allen Netzknotenpunkten Querverbindungen in ausreichender Zahl schalten zu können. Die Querwege sollen es ermöglichen, den im eigenen Bereich verbleibenden Verkehr (einschl. des Dienstverkehrs und des Fernamtsanrufes) abzuspalten und Verbindungen über kürzere Leitungen, über Leitungen geringerer Wertigkeit (höhere Dämpfung, Zweidraht statt Vierdraht) oder zur Umgehung von mehrmaligen Trägerfrequenz- und Tonwahlumsetzungen durchzubringen, bei gleichzeitiger Überbrückung verschiedener Wahlstufen. Querwege sind also Maschenleitungen, die sowohl Sprechwegkilometer als auch amtstechnische Einrichtung ersparen (gestrichelte Linien in Bild 1 und 2).

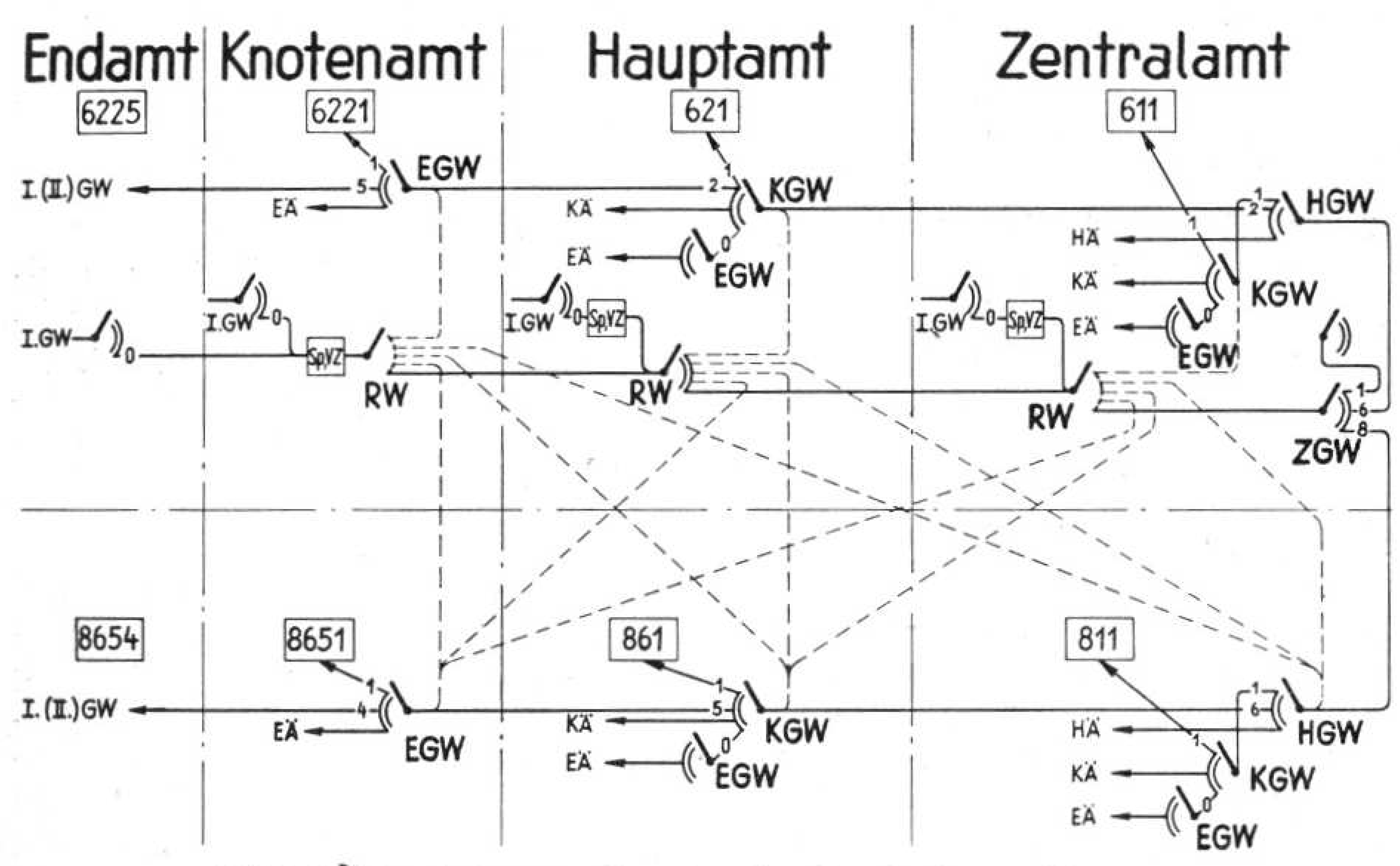


Bild 2. Verbindungsaufbau in der Landesfernwahl

Mit dem Ansteigen des Fernsprechverkehrs nimmt nicht nur die Anzahl der Querwege, sondern auch die Größe dieser Bündel ständig zu. Da selbst bei Einsatz von Trägerfrequenzgeräten der Anteil der Leitungskosten noch beträchtlich den der Amtskosten überragt, müssen die Leitungsbündel möglichst vollkommen ausgenutzt (mit Überlauf auf andere Querwege oder zumindest auf den Kennzahlweg) und Blindbelegungen vermieden werden.

In dem grundsätzlichen Verbindungsaufbau des Bildes 2 sind deshalb in den Netzknotenpunkten für die aufsteigende Richtung einer Verbindung Richtungswähler (RW) eingezeichnet, die, mittelbar oder unmittelbar vom Speicher (Sp) des Ausgangsamtes gesteuert, die vorhandenen Querverbindungen absuchen. In absteigender Richtung ist

der Kennzahlweg über die Ferngruppenwähler zu benützen. Mit dem Zentralamtsgruppenwähler (ZGW) im eigenen Zentralamt wird der gewünschte ZA-Bereich, bei zweistelligen Z-Ziffern über einen II. ZGW, gewählt. Der Hauptamtsgruppenwähler (HGW) im angesteuerten Zentralamt scheidet den gesuchten HA-Bereich, der Knotenamtsgruppenwähler (KGW) den KA-Bereich (g.F. das Endamt des Zentral- oder Hauptamtes mit verkürzter Kennzahl) und schließlich der Endamtsgruppenwähler (EGW) das gewünschte Endamt aus. Wird eine Verbindung über einen Querweg aufgebaut, so werden eine oder mehrere Ferngruppenwählerstufen übersprungen. Die dann für die Steuerung der Wähler nicht erforderlichen Ziffern der Kennzahl werden unterdrückt.

Das Problem der Umsteuerung auf Querwege und g.F. eines beschränkten Umsteuerns auf Umwege steht bei der Entwicklung der Landesfernwahl im Vordergrund. Eine technisch und wirtschaftlich befriedigende Lösung dieser Aufgaben ist entscheidend für das zukünftige Fernwahlsystem.

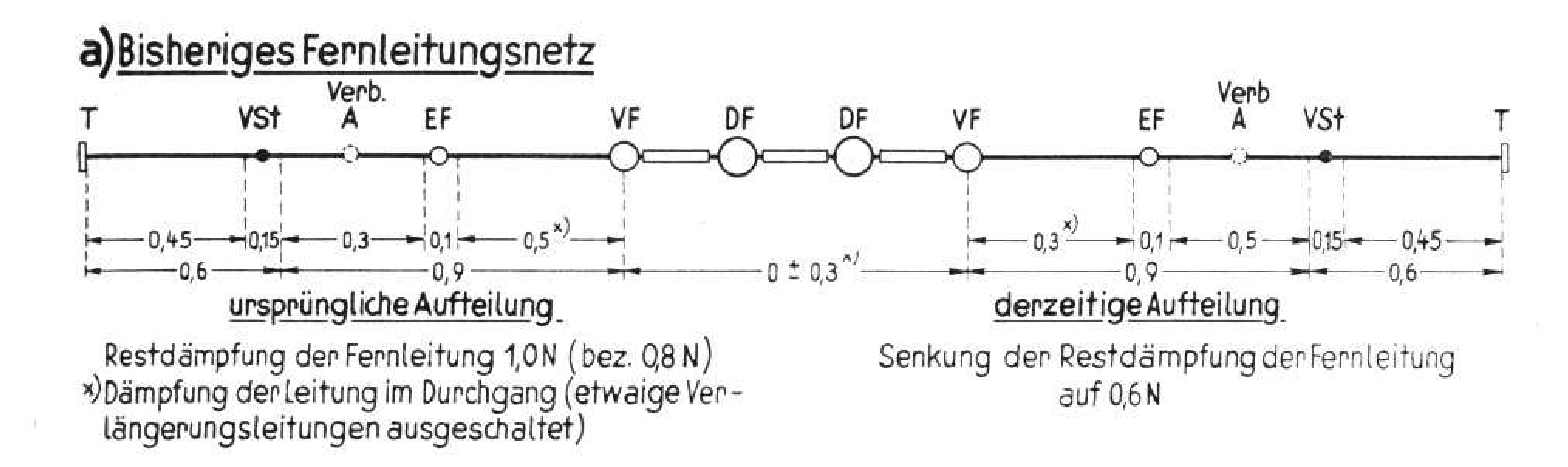
c) Dämpfungsverteilung

In der oberen Fernnetzebene zwischen den Zentralämtern, zwischen den Zentralämtern und Hauptämtern und zwischen den Hauptämtern selbst werden in der Regel Vierdrahtleitungen verwendet. In den Zentralämtern ist vorgesehen, diese Stromkreise durchweg über Vierdrahtwähler durchzuschalten, um trotz der Dämpfungssenkung stabile Übertragungsverhältnisse zu erhalten. Da mit zunehmender Einführung der Trägerfrequenz zu erwarten ist, daß auch die Leitungen zwischen Hauptamt und Knotenamt mehr und mehr trägerfrequent und damit vierdrähtig werden, wird auch im Hauptamt bereits jetzt eine Vierdrahtdurchschaltung angestrebt. Damit könnten die Vierdrahtstromkreise durchgehend bis zum Knotenamt aufgebaut und g.F. ihr Verstärkungsüberschuß für eine Dämpfungssenkung bis zum Endamt ausgenützt werden.

In Bild 3 ist die für die Landesfernwahl in Aussicht genommene Dämpfungsaufteilung gezeigt und der Aufteilung für die bisherige Netzgruppen- und Handamtstechnik gegenübergestellt. Die Planungsdämpfung im HA-Bereich kann 1,5 N betragen, weil die Dämpfung der Strecke HA — HA im Zeitpunkt des Durchschaltens auf 0 N gesenkt wird. Die Stabilität der Verbindung wird dadurch erreicht, daß die Dämpfung der Strecke HA — KA gleich oder größer als 0,4 N ist oder daß die Dämpfung dieser Fernleitung im Hauptamt auf 0,4 N ergänzt wird.

d) Impulssteuerung

Neben einer ausreichenden Übertragungsgüte ist im SWF-Dienst vor allem ein schaltungstechnisch einfacher Auf- und Abbau der Verbindung sicherzustellen. Die Schwierigkeiten zeigen sich besonders deutlich, wenn man von einer Verbindung nach Bild 2 ausgeht und an-



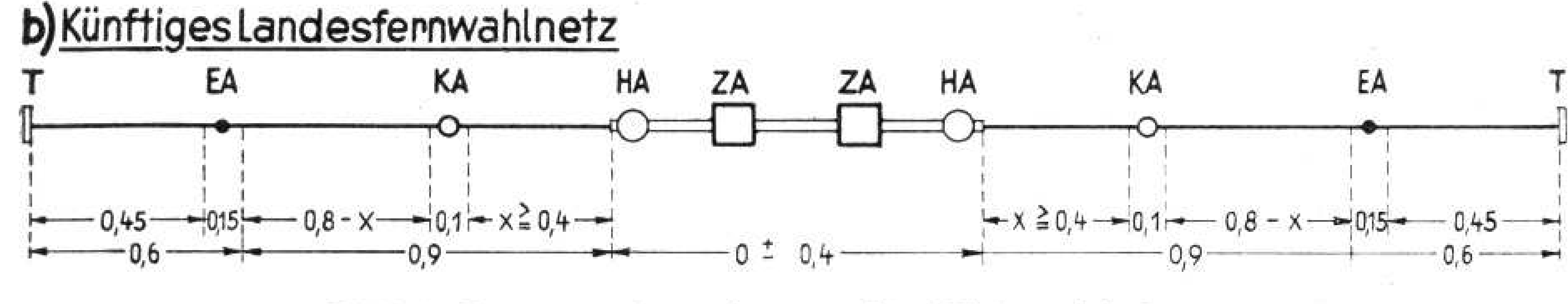


Bild 3. Planungsdämpfungen für Weitverbindungen

nimmt, daß zwischen den End- und Knotenämtern Gleichstromwahl, zwischen den Knoten- und Hauptämtern Wechselstromwahl und schließlich in der obersten Netzebene Tonfrequenzwahl verwendet wird. An jeder Stoßstelle sind die zu übertragenden Schaltkennzeichen, wie Belegung, Nummernwahl, Gesprächsbeginn- und Schlußzeichen, Auslösung, rückwärtige Sperrung usw., aus den Dauer- oder Impulszeichen der Amtseinrichtungen in Zeichen anderer Stromart und Zeichenform für die Fernleitung und umgekehrt umzuwandeln.

Um den Aufwand für diese Umsetzungen bei der Landesfernwahl in tragbaren Grenzen zu halten, ist eine „Impulssteuerung" vorgeschlagen, bei der in den Ursprungsämtern die Zeichen nur als Impulse gegeben und auf der Fernleitung grundsätzlich als reine Impulse weitergeleitet werden. An allen Zwischenpunkten werden die Zeichen nicht um- oder neugebildet, sondern nur in der erforderlichen Stromart für das Amt oder für die weitergehende Leitung formgetreu wiederholt.

Die Übertragungen weisen damit eine einheitliche Grundschaltung auf. Relais für Abzählung und Impulsumformung entfallen. Die Impulsrelais legen mit ihren Sendekontakten allein die neue, für die Übertragung erforderliche Stromart (Gleichstrom, Wechselstrom von 50, 150 oder 25 Hz, Tonfrequenz) an. Nur Belegen und Auslösen werden wie bisher als Dauerzeichen beibehalten und müssen deshalb von den abgehenden Übertragungen in ein kurzes und langes Zeichen umgeformt werden. Auch für die Besetztrückmeldung dürfte es vorteilhaft sein, ein Dauerzeichen zu verwenden, das in der letzten (aber nur in der letzten) ankommenden Übertragung in einen langen Impuls umzubilden ist. Damit kann sicher vermieden werden, daß durch zerhackte Impulse ein Beginnzeichen vorgetäuscht und damit zu Unrecht gezählt wird.

Beim Aufbau einer Landesfernwahlverbindung wird angestrebt, die Sprechadern mit der Nummerngabe „schritthaltend" durchzuschalten. Dieser Vorzug der deutschen Schrittschaltsysteme mit seinem klaren schaltungstechnischen Aufbau, der eine einfache und rasche Störungseingrenzung gestattet, soll bei der Fernwahl möglichst erhalten bleiben.

e) Zusätzliche Schaltbedingungen

Mit der Einführung der Regelkennzeichen wurde 1936 die „Fernamtstrennung" beseitigt. Dies wurde notwendig, weil die im SWF-, Schnell- und beschleunigten Fernverkehr aufgebauten Verbindungen nicht ferngekennzeichnet waren und daher sich eine Trennung betrieblich nicht mehr auf Ortsgespräche beschränken ließ. Wenn auch der bedingungslose Vorrang der Ferngespräche stark umstritten ist, so besteht doch zweifelsohne, zumindest von seiten der Verwaltung, ein Interesse, dem Fernamt ein gewisses Vorrecht einzuräumen, um die Vermittlungsarbeit der Beamtin zu vermindern und dringende Gespräche schnell durchzubringen. Mit der Beschränkung auf „Fernamtsansage" (keine Trenn-, sondern nur eine Aufschaltemöglichkeit, um ein Ferngespräch anzukünden) und mit einer Aufschaltung nur auf ortsbesetzte Anschlüsse ist wohl eine Lösung gefunden, die es einerseits dem Fernamt gestattet, sich leichter bemerkbar zu machen, und andererseits dem Teilnehmer ermöglicht, ortsbesetzte Partner wenigstens über das Fernamt zu erreichen. So unerwünscht die Störung eines Ortsgespräches zugunsten eines Ferngespräches oft ist, so angenehm kann es gerade bei Vielsprechern sein, wenn unbedenklich Ortsgespräche geführt werden können, ohne fürchten zu müssen, daß erwartete oder selbst angemeldete Ferngespräche deshalb verzögert werden.

Voraussetzung ist dabei, daß handvermittelte und Selbstwählfernverbindungen eindeutig ferngekennzeichnet und damit vor Aufschalten geschützt sind.

In besonders gelagerten Fällen kann es erwünscht sein, daß sich das Fernamt auch auf Fernverbindungen aufschalten kann, um ein besonderes dringendes, z. B. ein internationales Gespräch, anzukündigen. Es ist deshalb neben der Fernamtsansage noch eine „Ausnahmefernamtsansage" für einige bevorzugte Fernplätze für die künftige Technik grundsätzlich vorgesehen.

Eine andere vom Betrieb immer wieder erhobene Forderung ist es, dem Fernamt das „Nachrufen" zu ermöglichen. Damit soll die Fernbeamtin einen Teilnehmer, der irrtümlich nach einem Anruf durch das Fernamt oder nach einem Gespräch vorzeitig einhängt (wartet die Ankündigung der Beamtin nicht ab, Gebührenansage), nochmals anrufen können, ohne die Verbindung erneut aufbauen zu müssen.

Umgekehrt ist es für den Teilnehmer bei einer über das Fernamt aufgebauten Verbindung erwünscht, sich bei der Beamtin bemerkbar machen zu können. Mit dem „Schrankherbeiruf" wird es möglich,

durch Aufziehen der Nummernscheibe die Beamtin zu veranlassen, in die Verbindung einzutreten. Dieser Schrankherbeiruf gewinnt an Bedeutung, da künftig in erster Linie nur noch schwierige Verbindungen handvermittelt werden.

Diese Forderungen für den Fernverkehr sind bei der Entwicklung des neuen Ortssystems, dem Wählsystem 50, berücksichtigt und durch einen verhältnismäßig geringen Aufwand erfüllt worden.

Dazu treten noch die Schaltkennzeichen für Wahlende und Besetztrückmeldung. Wenn man sich in der Stellenzahl für Teilnehmerrufnummern (Zahl der Wahlstufen) nicht binden und beschränken will, kann die Beendigung des Verbindungsaufbaues am einfachsten durch das Erreichen eines Leitungswählers (Beendigung seines Eindrehens) gekennzeichnet werden. Dieses „Wahlendekennzeichen“ gestattet, zentrale Speicher und Umrechner sofort freizuschalten. Für Wählverfahren mit teuren Codierungseinrichtungen ist ein Wahlendezeichen unentbehrlich. In ausländischen Systemen wird es vielfach und mit Vorteil bereits angewendet. Mit seiner Einführung läßt sich eine Nachwahl durch den Teilnehmer in einfacher Weise unterbinden, so daß ein Aufschalten durch das Fernamt lediglich durch einen Nachimpuls zugelassen werden kann.

Die Besetzrückmeldung bewirkt im SWF-Verkehr im Besetztfall einer Wählergasse oder eines Teilnehmers die sofortige Auslösung der Fernverbindung. Die hochwertigen Fernleitungen und teuren Schaltmittel werden also in kürzester Zeit, unabhängig von dem Verhalten des Teilnehmers, freigegeben. Unnötige Blindbelegungen werden vermieden. Damit ist es auch möglich, vorübergehend einzelne Leitungsabschnitte mit höherem Verlust für den SWF-Verkehr zuzulassen, da sich häufige Besetztfälle in diesen Abschnitten nicht auf die Zubringerleitung durch lange Blindbelegungen übertragen.

f) Selbsttätige Gebührenerfassung

Die Gebührenerfassung im bisherigen SWF-Dienst, der Netzgruppentechnik, lehnt sich sehr stark an die des Handamtsbetriebes an, bei dem die Ferngebühren nach Zone und Zeit gestaffelt sind. Die Zeitzonenzähler speichern zunächst eine Dreiminutengebühr, die je nach der Entfernung der betreffenden Ortsnetze ein bestimmtes Vielfaches der Ortsgebühreneinheit ist. Bei Gesprächen über 3 Minuten wird bei Beginn jeder weiteren Minute je $1/3$ dieser Gebühr dazugezählt. Erst bei Gesprächsende wird eine der Gebühr entsprechende Anzahl von Stromstößen auf den Gesprächszähler des rufenden Teilnehmers übertragen. Diese Zählweise bedingt bei der Ausdehnung des SWF-Dienstes auf das ganze Land neben umfangreichen Schaltmitteln zur Zonenerfassung noch erheblichen Aufwand für die Gebührenspeicherung.

Für die Landesfernwahl ist deshalb vorgesehen, an die Stelle dieser Mehrfachzählung n a c h dem Gespräch, eine Zählung w ä h r e n d des Gespräches treten zu lassen (Zeitimpulszählung). Bei Beginn des Gespräches wird zunächst ein Impuls, der Meldezählimpuls, zum Teil-

nehmerzähler gegeben. Die weiteren Zählimpulse folgen während des Gespräches in gleichen Zeitabständen, die durch die angesteuerte Fernzone, also durch die Entfernung der betreffenden Ortsnetze, bestimmt sind. Die „Zonenzeiten" entsprechen einer Gesprächsdauer für eine Ortsgebühreneinheit, z. B. bei Fernzone I 60 Sekunden. Da die Gebührenimpulse nicht mehr gespeichert werden, entfällt die Begrenzung der Gesprächsdauer (Zwangstrennung). Auch eine Karenzzeit, die verhindern soll, daß dem Teilnehmer für einen Fehlanruf eine volle Dreiminutengebühr aufgerechnet wird, ist nicht mehr erforderlich. Die Zählimpulse werden nur als Einzelstromstöße gegeben, so daß alle vorhandenen Zählrelais und Gesprächszähler ohne Änderung beibehalten werden können. Der Anschluß des rufenden Teilnehmers wird sofort mit Gesprächsende freigegeben.

Um die Zählimpulse während des Gespräches aufnehmen zu können, werden die I. Gruppenwähler mit Dekadenkontakten für die Dekade 0 (oder 9) ausgerüstet. Diese schalten bereits mit dem Belegen des Höhenschrittes 0 (oder 9) das Zählrelais ständig an die b-Ader.

Durch den Wegfall der Dreiminutengebühr tritt bei allen Gesprächen unter 3 Minuten eine Verbilligung ein. Im Rahmen der mit der Einführung des SWF-Dienstes eintretenden Verkehrssteigerung fällt diese Einnahmeminderung aber nicht ins Gewicht. Außerdem wird gerade die Möglichkeit, billige Kurzgespräche führen zu können, dazu anregen, den Fernsprecher auch nach entfernteren Orten öfters zu gebrauchen.

Die Zonenzeiten werden in einer zentralen Zeitgebereinrichtung erzeugt, so daß der Kostenanteil je Leitung gering ist. Damit treten auch bei Tarifänderungen keine Schwierigkeiten ein, da nur die Zeittakte dieser Zeitgebereinrichtung geändert zu werden brauchen. Bei verbilligtem Nachttarif gilt es, lediglich entsprechend verlängerte Zonenzeiten vorzusehen und auf diese umzuschalten.

Durch die Ausdehnung des Selbstwählverkehrs auf das gesamte Deutschland wird die Erfassung der Fernzone mit wirtschaftlich tragbarem Aufwand ein nicht leicht zu lösendes Problem. Da die Zeit für die Ermittlung der Zone (4 bis 8 Sekunden) im Vergleich zur Gesprächsdauer (im Mittel 180 bis 240 Sekunden) nur sehr kurz ist, liegt es nahe, die Verzonungseinrichtungen als zentrale Glieder anzuordnen, die nur während des Verbindungsaufbaus kurzzeitig an die Fernleitung angeschaltet werden. Die ermittelte Zone ist dann an eine Zählübertragung weiterzugeben, die den dieser Zone entsprechenden Zeittakt des Zeitgebers mit dem Beginnzeichen anschaltet (Zählimpulsgeber).

Die Zonen ergeben sich aus den Kennzahlen der angesteuerten Ziel-EÄ. Der technische Aufwand für die Verzoner wird bei der heutigen Endamtsverzonung — Zoneneinstufung auf Grund der Entfernung der Endämter — sehr groß, da alle 4 Kennziffern der Kennzahl ausgewertet werden müssen. Die technischen Einrichtungen ließen sich ganz erheblich vereinfachen, wenn für die Verzonung allein die Entfernung der Knotenämter, auf die sich die jeweiligen Endämter ab-

stützen, maßgebend wäre. Durch eine solche Knotenamtsverzonung wären beispielsweise im Bundespostgebiet, bei vollem Ausbau der Landesfernwahl, nur noch 950 statt 3700 Verzonungspunkte zu berücksichtigen. Aber nicht nur der Aufwand je Verzonungseinrichtung, sondern auch die Zahl der Verzoner würde viel kleiner werden, da dann nicht für jedes Endamt eine eigene Gruppe weniger zentraler Verzoner, sondern für alle Endämter eines Netzknotens eine einheitliche Gruppe erforderlich wäre. Damit würde sich die umfangreiche und schwierige Technik der Verzonung auf wenige Schaltglieder je Amt beschränken, die sich bei Störung gegenseitig aushelfen und die leichter überwacht und gepflegt werden können. Eine weitere Verbilligung läßt sich erzielen, wenn die Verzoner mit den Speicher- und Umrechnungseinrichtungen, die auch in jedem Netzknotenpunkt vorteilhaft zentral anzuordnen sind, zusammengefaßt werden.

II. Vereinfachter Selbstwählferndienst

Die Einführung des SWF-Dienstes in der bisherigen Form der Netzgruppentechnik scheiterte nach dem Kriege an dem Aufwand dieser Technik und dem damals geringen Fertigungsvermögen der Fernmeldeindustrie. Aus dieser Sachlage heraus wurde ein „vereinfachter Selbstwählferndienst“ (vSWF-Dienst) entwickelt, der die überlasteten Fern- und Schnellämter wenigstens von den stärksten Nahverkehrsbeziehungen zu entlasten gestattete.

Die Vereinfachung im vSWF-Dienst ergibt sich in erster Linie durch die Art der Gebührenerfassung. An die Stelle der bisherigen Mehrfachzählung nach dem Gespräch tritt die auch für die künftige Landesfernwahl geplante Zeitimpulszählung während des Gespräches. Damit entfallen alle Zeiterfassungs- und -speichereinrichtungen. Auch die Zonenerfassung wird entbehrlich, und zwar dadurch, daß die von den einzelnen Endämtern ankommenden Leitungsbündel innerhalb des Knotenamtes über getrennte Wählergruppen geführt und die Zähleinrichtungen den abgehenden Leitungen zugeordnet werden. Die „Zählübertragung“ (ZÜ) braucht nur vom Gesprächsbeginn ab den ihr fest zugeordneten Zähltakt aus einem zentralen Zeitgeber an die b-Ader anzulegen. Da man auf weitere Schaltbedingungen, wie zeitgerechten Einsatz der Zähltakte mit Gesprächsbeginn, Abwurf bei Blindbelegungen und nicht vollständig aufgebauten Verbindungen usw., verzichtet, kommt man mit 3 Relais in der Zählübertragung aus.

Voraussetzung für diese einfache Zähltechnik ist also eine weitgehende Bündeltrennung. Wenn der vSWF-Verkehr nur auf ein Schnellamt und seine Seitenämter (Bezirks-KA und Endämter) ausgedehnt wird, wirkt sich die getrennte Führung nur innerhalb des Knotenamtes, also durch einen Mehrbedarf an Netzgruppenwählern und Zählübertragungen aus. Die vom Knotenamt zu den Endämtern gehenden Leitungen können für den Verkehr der verschiedenen Ursprungsämter ohne weiteres gebündelt werden, wenn Ausgangsämter und Zielamt

derselben Zone angehören. Um auch bei verschiedenen Fernzonen die abgehenden Bündel nicht aufsplittern zu müssen, ist mit Hilfe einer Vorübertragung (neuerdings auch durch Ausnutzen von Dekadenkontakten) eine Taktumschaltung für die Zählübertragung vorgesehen. Diese Vorübertragung hat mehrere Eingänge für die c-Ader, auf welche die Ausgangsämter entsprechend ihrer Zone zum Zielamt verdrahtet werden. Bei der Belegung über den 2. oder 3. c-Eingang wird von dem ursprünglich an die Zählübertragung angelegten Zähltakt auf einen 2. oder 3. Zeittakt umgeschaltet.

In derselben Weise kann auch der Verkehr von einem Knotenamts b e r e i c h zu einem anderen Ziel a m t , z. B. zu einem benachbarten Knotenamt, selbsttätig abgewickelt werden. Über ein Leitungsbündel von Knotenamt zu Knotenamt können aber mehrere Endämter des Zielknotenamtes nicht erreicht werden, weil bei den im Ausgangsknotenamt aufgestellten Zählübertragungen nur die Zone zu e i n e m Zielamt berücksichtigt werden kann. Um nicht zu jedem Endamt des Zielknotenamtsbereiches ein gesondertes Leitungsbündel (mit entsprechend geringer Leistung je Leitung) schalten zu müssen, beschränkt man sich in der Regel darauf, den vSWF-Dienst nur innerhalb des KA-Bereiches und zu einigen wenigen Endämtern benachbarter Bereiche einzurichten. Der verbleibende Verkehr zu den kleinen Endämtern benachbarter Bereiche ist über die Schnell- oder Fernämter abzuwickeln. Er könnte nur dann selbsttätig und ohne Bündeltrennung durch die einfachen Zählübertragungen verarbeitet werden, wenn die angestrebte Verzonung nach der Entfernung der Knotenämter eingeführt würde. Dann würde zwischen allen Endämtern zweier KA-Bereiche, und auch mit Vorteil innerhalb des eigenen KA-Bereiches, nur je eine Zone maßgebend sein. Die Zählübertragung könnte dann nach oder vor dem I. NGW eingesetzt werden, womit sogar die getrennte Führung innerhalb des Knotenamtes, der dadurch bedingte Mehraufwand an Netzgruppenwählern und Zählübertragungen und die heute so schwierige Mischung der Wählerausgänge entfiele.

Der grundsätzliche Verbindungsaufbau, mit der derzeitigen Anordordnung der Zähl- und Vorübertragungen in der abgehenden Leitung, ist in Bild 4 dargestellt. Es sind dabei „offene“ Kennzahlen angenommen. Jedes Endamt hat eine eigene Ortskennzahl, z. B. 021, 0204, 061 usw., mit der das betreffende Ortsnetz eindeutig gekennzeichnet ist. Nach Wahl dieser Kennzahl ist der I. (II.) GW dieser Endämter erreicht.

Besonders schwierig war es, die Zählimpulse geräuschfrei während des Gespräches durchzubringen. Nach langwierigen Versuchen wurde schließlich eine Abflachschaltung ermittelt, die eine zufriedenstellende Zählung über die b-Ader (zum Ortsnetz des Knotenamtes oder über Gleichstromübertragungen auch zu entfernten Endämtern) gewährleistet. Auch für Leitungen mit Wechselstromimpulsgabe wurde inzwischen eine Übertragung entwickelt, die gestattet, geräuschfrei zu zählen, so daß auch für die vom Endamt kommenden Leitungen auf die

meistens erwünschte Viererbildung und die oft unerläßliche Symmetrierung durch Ringübertrager nicht verzichtet zu werden braucht.

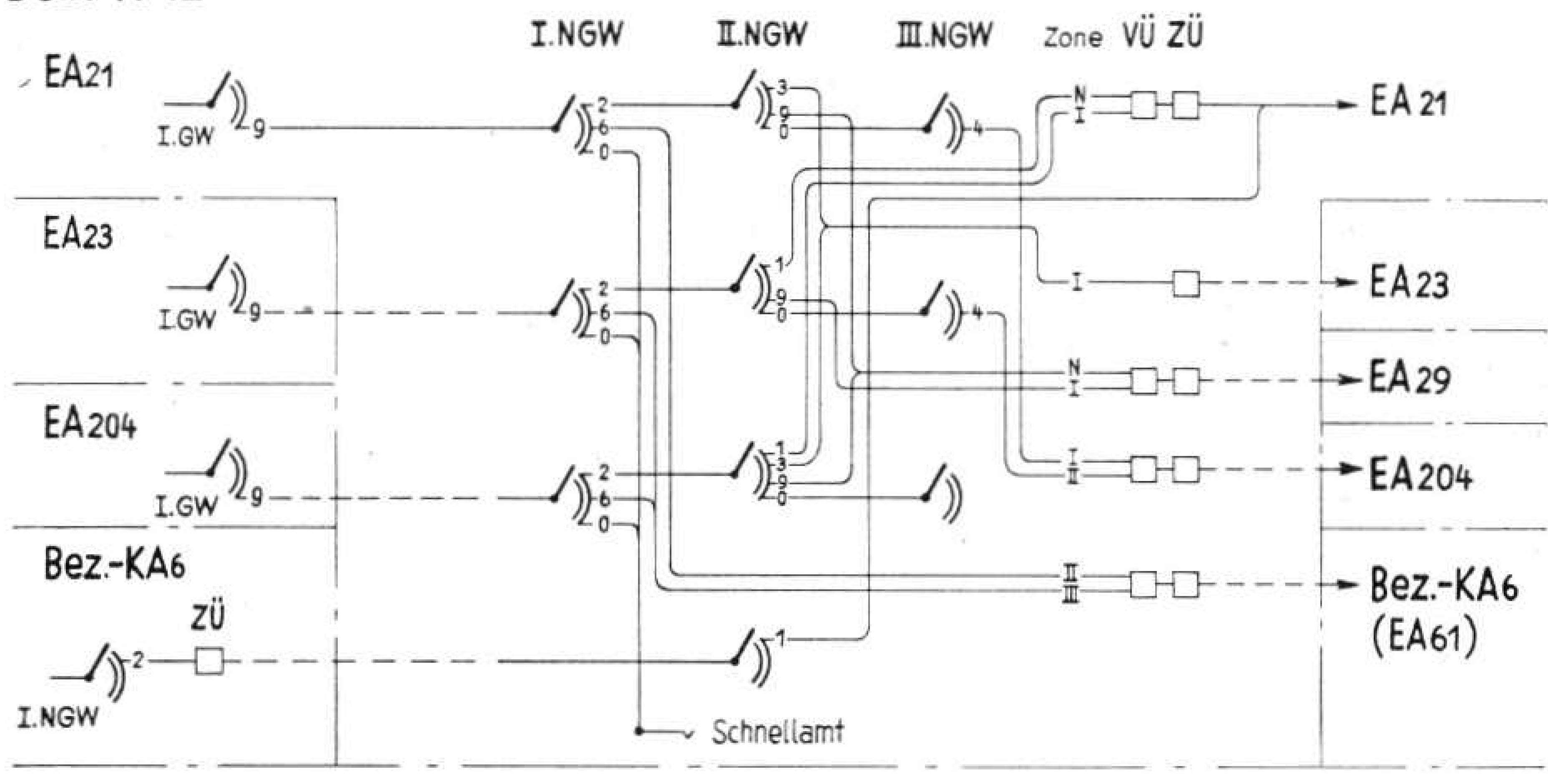


Bild 4. Verbindungsbau im vereinfachten Selbstwählferndienst

Durch den Einsatz der vSWF-Einrichtungen war es möglich, die besonders in den früheren Schnellverkehrsbereichen aufgetretenen Überlastungen der Fern- und Schnellämter erheblich zu mildern. Die Einrichtungen arbeiten einwandfrei. Die einfache Art der Gebührenerfassung gestattet es jedoch nicht den vSWF-Dienst auf größere Gebiete auszuweiten, da mit zunehmender Entfernung die zwangsläufige Bündeltrennung wirtschaftlich nicht mehr tragbar ist und auch die verwendeten Kurzkennzahlen sich zu stark zu überschneiden beginnen. Ob es später angängig ist, für bestimmte Beziehungen mit besonders starkem Verkehr die vereinfachte Technik neben der Landesfernwahl bestehen zu lassen, hängt von der technischen Entwicklung ab und kann z. Z. noch nicht übersehen werden.

III. Übergangstechnik

Die Landesfernwahl, an deren Entwicklung entsprechend den vorliegenden „Technischen Richtlinien“ mit Nachdruck gearbeitet wird, kann noch nicht eingeführt werden, weil dafür z. Z. noch wesentliche Voraussetzungen fehlen. Insbesondere stehen notwendige Bauteile noch nicht zur Verfügung (Motorwähler oder Relaiswähler für die vierdrähtige Durchschaltung, Richtungswähler zum Ansteuern vieler und starker Querleitungsbündel, Speicher- und Umsteuereinrichtungen zum Vermeiden von Blindbelegungen und zum Markieren der einzuschlagenden Richtungen, ausreichende Verzonungseinrichtungen usw.). Auch ist über die vorgeschlagene und wegen des geringeren Aufwandes dringend erwünschte Tarifvereinfachung noch nicht entschieden. Ferner

kann die Frage über das endgültig anzuwendende Fernwahlsystem erst beantwortet werden, wenn die sich neu herausbildenden Bau- und Schaltelemente fertigentwickelt und praktisch erprobt sind.

Es ist daher vorgesehen, übergangsweise eine SWF-Technik einzuführen, die einerseits mit den vorhandenen Bauteilen die Zwischenzeit zu überbrücken gestattet, die aber andererseits die endgültige Betriebsweise weitgehend vorbereitet. Der verlorene Bauaufwand kann dabei niedrig gehalten werden, da die meisten Schaltglieder später weiterverwendet werden können, entweder unmittelbar oder durch neue Verdrahtung an anderer Stelle.

Um von vornherein betriebliche Schwierigkeiten bei der zunehmenden Ausweitung der Selbstwahl, insbesondere beim Übergreifen des SWF-Dienstes auf Nachbarbezirke (Städtewahl), zu vermeiden, werden grundsätzlich die endgültigen Kennzahlen der Landesfernwahl angewendet. Wenn der Teilnehmer dadurch heute eine oder zwei Ziffern mehr wählen muß, als es zunächst notwendig wäre, so bleibt ihm damit ein späteres Umgewöhnen auf neue Kennzahlen erspart. Die sich sicher sehr schnell einbürgernde Betriebsweise kann auch bei der endgültigen Landesfernwahl unverändert beibehalten werden. Im Verbindungsaufbau vorerst entbehrliche Wählerstufen werden durch einfache und billige Impulsunterdrücker ersetzt, die erst später gegen Ferngruppenwähler ausgewechselt werden.

Für die Gebührenerfassung wird auch in der Übergangstechnik die Zählung während des Gesprächs angewendet. Die Größe der Verzonungseinrichtungen hängt von dem Umfang des zunächst zu erfassenden Gebietes und davon ab, ob die Verzonung nach Endämtern oder Knoten- und Hauptämtern gefordert wird. Da zunächst noch nach Endämtern zu verzonen ist, müssen zur Zonenermittlung 4 Kennziffern herangezogen werden. Bei dem über den Nahbereich hinausstrebenden SWF-Verkehr wird man sich vorerst schon aus leitungs- und dämpfungstechnischen Gründen auf Einzelbeziehungen beschränken müssen (Städtewahl). Hier liegt die Zone bereits mit Erfassung von 2 oder 3 Kennziffern fest und erst mit der Verkehrsausweitung sind weitere Ziffern zur Verzonung heranzuziehen.

Da die Verzonungseinrichtungen nur kurzzeitig während des Verbindungsaufbaues beansprucht werden, ist es wirtschaftlich, sie zentral anzuordnen. In der Leitung verbleibt nur eine einfache Übertragung, welche die Schaltkennzeichen aufnimmt und die Zählimpulse abgibt (Zählimpulsgeber; ZIG). Der nach der Wahl der Ausscheidungsziffer 0 belegte Zählimpulsgeber (Bild 5) holt sich unverzüglich über einen Mischwähler (MWr) oder Anrufsucher (AS) einen freien Verzoner heran. Bei Verwendung von Relaisschaltern kommt man dabei ohne Voreinstellung aus, da die Anschaltezeit sehr kurz ist. Die vom Teilnehmer gewählten Kennziffern werden vom Zählimpulsgeber sowohl zu den folgenden Ferngruppenwählern als auch zum zentralen Verzoner weitergegeben. Sobald im Verzoner die Fernzone feststeht, wird sie dem Zählimpulsgeber übermittelt, indem dort ein Zoneneinstellwähler auf

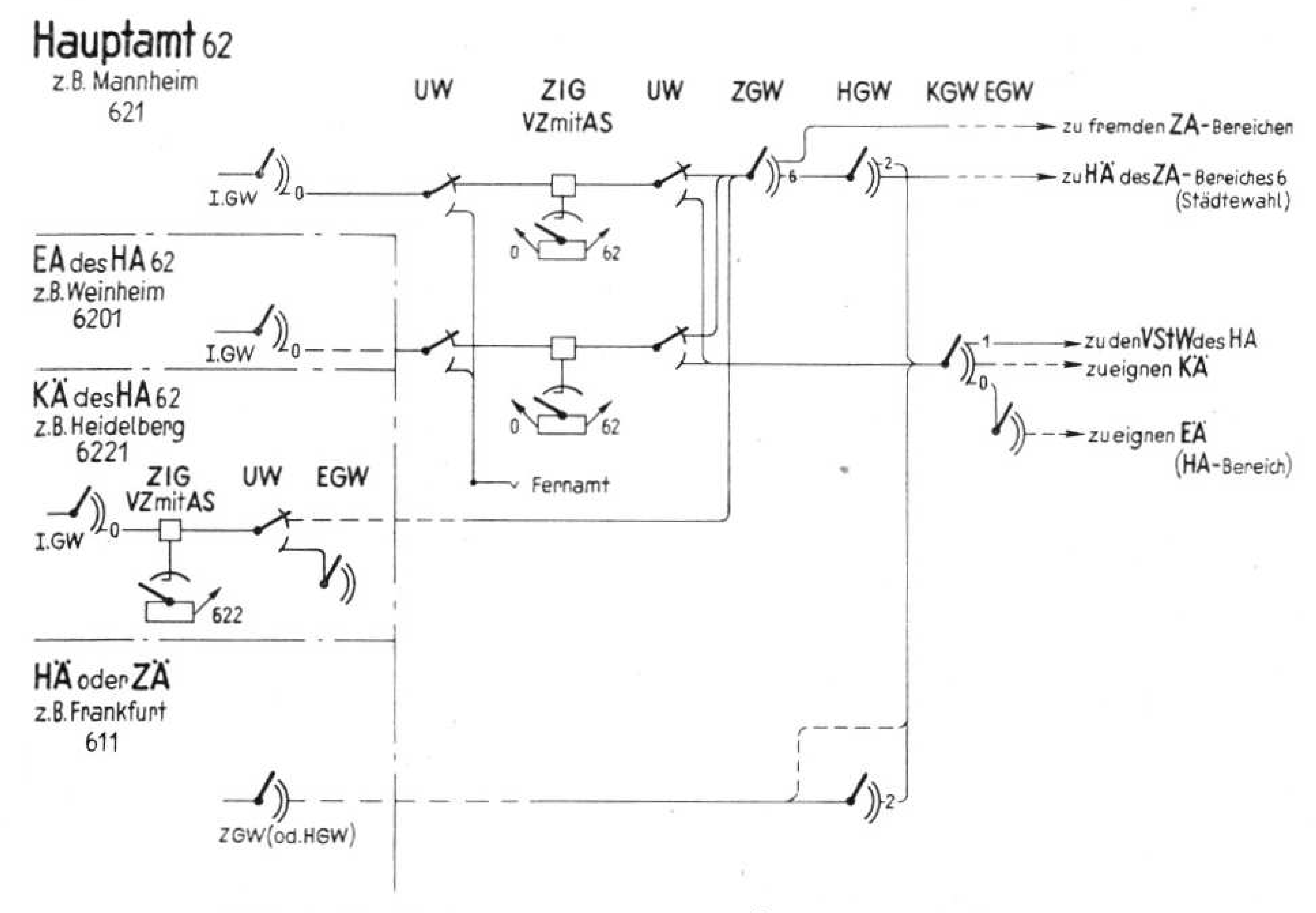


Bild 5. Verbindungsaufbau in der Übergangstechnik

den entsprechenden Schritt zum Zeittaktgeber eingestellt wird. Der Verzoner steht bereits nach 4 bis 8 Sekunden für eine weitere Verbindung zur Verfügung. Die Zahl der Verzoner je Amt ist also gering. Im Betrieb können sie leicht überwacht und bei Bedarf ohne große Kosten erweitert und vermehrt werden. Ein späterer Austausch gegen endgültige Verzonungseinrichtungen fällt nicht so ins Gewicht wie bei individuell den Leitungen zugeordneten Schalteinrichtungen.

Sobald technisch befriedigende Impulswiederholer zur Verfügung stehen, werden die Wählimpulse nicht mehr unmittelbar vom Zählimpulsgeber an die Ferngruppenwähler weitergegeben, sondern sie werden zunächst vom Impulswiederholer im zentralen Verzoner aufgenommen werden. Von diesem werden dann nach Ablaufzeit und Impulsverhältnis genau geregelte Stromstoßreihen abgegeben. Damit wird die Einstellung der weiteren Wähler unabhängig von den Teilnehmernummernscheiben, die erfahrungsgemäß in der Impulsgabe stark streuen. Da dann alle Wählimpulse, auch die der Teilnehmerrufnummer, im zentralen Glied zu wiederholen sind, wird die Zahl der benötigten Verzoner größer. Die Gesamtkosten werden sich aber nicht wesentlich erhöhen, wenn es gelingt, weitere Aufgaben vom individuellen Zählimpulsgeber zum zentral angeordneten Verzoner zu verlagern.

Der Zeitgeber ist je Amt nur einmal vorhanden. Dazu ist eine Ersatzeinrichtung vorzusehen, auf die bei Störungen selbsttätig umgeschaltet wird. Der Einsatz des Zähltaktes nach dem Gesprächsbeginn

hängt bei zentralen Zeitgebereinrichtungen an sich von der jeweiligen Phase dieser Einrichtungen ab. Um ihn trotzdem einigermaßen zeitgerecht zu machen, wird je Zählimpulsgeber ein Wählerrelais aufgewendet. Die Zeitgebereinrichtung sendet nicht die den einzelnen Fernzonen entsprechenden „Zonenzeiten", sondern jeweils $^1/_6$ dieser Zeiten (Zeittaktgeber). Mit Hilfe des Wählerrelais werden nun jeweils 5 Impulse unterdrückt und erst der 6. Stromstoß wird auf das Zählrelais weitergegeben. Auf diese Weise wird die erste Zonenzeit im ungünstigsten Fall höchstens um $^1/_6$ und im Mittel um $^1/_{12}$ verkürzt ($^1/_{12}$ der Zonenzeit z. B. der Fernzone I = 5 s, $^1/_{12}$ der Ortsgebühr = 1,25 Pf.).

Die Hauptaufgabe der Zählimpulsgeber ist es also, die vom Verzoner ermittelte Fernzone festzuhalten und nach Aufnahme des Beginnzeichens die Zählimpulse zum Teilnehmerzähler weiterzugeben. Außerdem wird vom Zählimpulsgeber jede nicht vollständig oder mit einer nicht zugelassenen Kennzahl aufgebaute Verbindung usw. abgeworfen, um Blindbelegungen zu verkürzen oder zu vermeiden. Mit dem Eintreffen des Wahlende- oder Beginnzeichens wird die Aufnahme von Nachwahlimpulsen des Teilnehmers unterdrückt. Sobald die Ortssysteme die vorgesehenen Besetztrückmeldekennzeichen abgeben, löst der Zählimpulsgeber die Verbindung sofort selbsttätig aus, wenn eine Wählgasse oder ein Teilnehmer besetzt ist, unabhängig davon, ob und wann der Teilnehmer auflegt. Netzgruppenmünzfernsprecher können dieselben Fernwahleinrichtungen und dieselben Leitungsbündel benutzen wie der übrige Verkehr; denn Verzoner und Zählimpulsgeber sorgen dafür, daß die auf die Münzeinheit von 10 Pf. abgestellten Kassierimpulse abgegeben werden. Bei nicht zugelassenen Verbindungen, z. B. zum Fernamt, wird abgeworfen. Der Zählimpulsgeber erfüllt also bereits die Bedingungen der künftigen Landesfernwahl und braucht später nicht ausgewechselt zu werden.

Der grundsätzliche Verbindungsaufbau soll an dem in Bild 5 dargestellten Beispiel des Hauptamtes Mannheim erläutert werden.

In dem Fernwählersaal des Hauptamtes werden die Verzonungseinrichtungen, die Umsteuer- und Ferngruppenwähler, sowohl für das Endamt Mannheim als auch für die unmittelbar angeschlossenen Endämter, aufgestellt. Mit Wahl der Ausscheidungsziffer 0 wird über 2 Umsteuerwähler (UW) und den Zählimpulsgeber (ZIG) ein Zentralamtsgruppenwähler (ZGW) belegt. Der Umsteuerwähler vor dem Zählimpulsgeber hat die Aufgabe, die zunächst noch zahlreichen Verbindungen zum Fernamt unter Umgehung der Zählimpulsgeber durchzubringen. Da das Umschaltekennzeichen vom Verzoner gegeben wird, braucht der Umsteuerwähler kein Mitlaufwerk und ist deshalb einfach. Auch der Umsteuerwähler hinter dem Zählimpulsgeber wird vom Verzoner gesteuert. Er entlastet die Zentralamts- und Hauptamtsgruppenwähler (ZGW und HGW) von dem sehr umfangreichen, im HA-Bereich verbleibenden Verkehr, indem er nach Wahl der HA-Ziffer unmittelbar auf die Knotenamtsgruppenwähler (KGW) umsteuert.

Die ZGW und HGW, die bei der Endlösung nur in den Zentralämtern stehen, sind in das Hauptamt vorgezogen, um andere Netzknotenpunkte unmittelbar anwählen zu können und Blindbelegungen der Leitungen zu den Zentralämtern zu vermeiden. Das Vorziehen der ZGW, HGW und g.F. auch der KGW in das Hauptamt ermöglicht es also, bereits bei der Übergangslösung von Querleitungen weitgehend Gebrauch machen zu können.

Die Übergangslösung für ein Knotenamt gleicht der eines Hauptamtes, sofern von diesem Amt unmittelbar Haupt- und Knotenämter fremder ZA-Bereiche erreicht werden sollen und wenn das Knotenamt ein eigenes Fernamt besitzt. In der Regel wird jedoch das Knotenamt soweit wie möglich die Leitungen seines Hauptamtes mitbenutzen. Dann werden zwar Zählimpulsgeber mit Verzonungseinrichtungen und Umsteuerwählern im Knotenamt, die Ferngruppenwähler jedoch im Hauptamt aufgestellt.

Der SWF-Dienst wird in erster Linie in den Verkehrsbrennpunkten eingesetzt werden, in denen die vorhandenen Fernamtseinrichtungen nicht mehr in der Lage sind, den wachsenden Fernverkehr aufzunehmen. Mit der Übergangstechnik kann unter weitgehender Bündelzusammenfassung, also unter bestmöglicher Leitungsausnutzung, sowohl der Nahverkehr als auch der Verkehr nach einzelnen, sich lohnenden Weitbeziehungen (Städtewahl) selbsttätig durchgeführt werden. Voraussetzung ist, daß nach den in Aussicht genommenen Richtungen genügend Wahlleitungen zur Verfügung stehen. Die neue Trägerfrequenz- und Tonfrequenztechnik wird hierzu die Wege ebnen. Jedenfalls ist mit dieser Lösung der organische Ausbau, ohne Betriebsschwierigkeiten durch häufige Nummernänderung, und der planmäßige Übergang zur künftigen Landesfernwahl gewährleistet.

IV. Übertragungen

Mit der Ausdehnung der Fernwahl, sowohl hinsichtlich der Zahl der Sprechkreise als auch der zu überbrückenden Entfernungen, gewinnt die technische Entwicklung der Übertragungen an Bedeutung. Die für die Landesfernwahl in Aussicht genommene Impulssteuerung zeigt den Weg, wie man den Aufwand in den einzelnen Schaltgliedern an den Stoßstellen zwischen Amt und Fernleitung, trotz der vermehrten Schaltkennzeichen, die später auf den Wahlleitungen zu übertragen sind, niedrig halten kann. Die Überbrückung sehr großer Entfernungen und das Zusammenschalten mehrerer Wahlleitungen bringt Aufgaben mit sich, die bereits bei der Entwicklung der Übertragungen für die Übergangstechnik zu lösen sind. Um die spätere Anpassung zu erleichtern, ist dabei auch auf die Forderungen der Landesfernwahl gebührend Rücksicht zu nehmen.

a) Gleichstromübertragungen

Die bisher verwendeten Gleichstromübertragungen mit Glimmlampenauslösung stellen wegen der u. U. auftretenden Auslöseschwie-

rigkeiten gewisse Forderungen an die übrigen Schaltglieder, die sich nicht immer erfüllen lassen. Auch bei der Beschaffung der Glimmlampe ergaben sich gerade nach dem Kriege sehr große Schwierigkeiten, weil es nicht leicht ist, die engen Grenzen für Zünd- und Löschspannung bei der Fertigung einzuhalten. Dazu kommt, daß der hohe Auslösespannungsstoß für die bespulten Kabel und wegen der Gefährdung des Pflegepersonals recht unangenehm ist. Ferner steht er auch einer einfachen Anpassung der alten Wählsysteme auf die Schaltkennzeichen 50 im Wege, weil dadurch Aufschalte- oder Nachrufkennzeichen zum folgenden Leitungswähler gegeben werden. Es wird deshalb versucht, die bereits probeweise eingesetzte Gleichstromübertragung mit Wechselstromauslösung so zu verbessern, daß alle bisherigen Schwierigkeiten beseitigt sind und daß trotzdem der technische Aufwand möglichst nicht über dem der Glimmlampenübertragungen liegt.

b) Wechselstromübertragungen

Die bisher für die Wechselstromwahl verwendeten Übertragungen mit 50 Hz haben sich sehr gut bewährt. Da mit Ausdehnung der Selbstwahl nicht nur längere Strecken hiermit betrieben (höchstens sind jedoch 3 Verstärkerfelder überbrückbar), sondern vielfach auch mehrere solche Abschnitte hintereinandergeschaltet werden, sind die neu zu beschaffenden Übertragungen durchweg mit Impulskorrektion auszurüsten.

Um auch eine Zeitimpulszählung auf den mit Ringübertragern abgeschlossenen Leitungen durchführen zu können, wurden Wechselstromübertragungen für Zählung während des Gespräches entwickelt. Sie arbeiten mit 25-Hz-Wechselstrom sowohl für die Zählung als auch für die Impulsgabe. Durch den größeren Frequenzabstand vom Sprachband und durch starke Herabsetzung der Energie der Zeichenströme ist es gelungen, die Zählstromstöße geräuschfrei durchzugeben. Als Empfangsrelais ist an Stelle der bisherigen Phasenrelais das viel empfindlichere Telegraphenrelais mit Gleichrichtung getreten.

Es ist beabsichtigt, dieses Relais auch in den neu zu entwickelnden 50-Hz-Übertragungen, in denen bereits eine Umschaltung von der Regelkennzeichen- auf die künftige Impulskennzeichengabe vorbereitet ist, zu verwenden. Da die Anzugs- und Abfallzeiten des Relais wegen seiner hohen Empfindlichkeit sehr klein sind, treten nur geringe zusätzliche Verzerrungen durch das Empfangsrelais selbst auf. Außerdem können die Ströme und Spannungen auf den Fernleitungen niedrig gehalten und g.F. die Reichweite vergrößert werden.

Die Erprobung der schon während des Krieges mit Erfolg eingesetzten Übertragungen mit 150-Hz-Wahl wird fortgesetzt. Diese Übertragungen gewinnen mit der Ausweitung des TW-Verkehrs besondere Bedeutung in den Netzausläufern, da gesonderte Gleichstromwege für Fernschreibanschlüsse vielfach nicht zur Verfügung gestellt werden können und der Einsatz von Wechselstromtelegraphie zwischen Endamt und Knotenamt sich meist noch nicht lohnt.

c) Tonfrequenzwahl

Für die vierdrähtigen Fernleitungen des Weitverkehrs scheidet die gewöhnliche Wechselstromwahl wegen der Verzögerungen und Verzerrungen bei den Unterwegsumsetzungen an den Verstärkerpunkten aus. An Stelle der unterhalb des Sprachbandes liegenden Zeichenfrequenz wird nun eine im Frequenzband der Sprache liegende Tonfrequenz verwendet. Damit können über jede Verbindung, über die eine ausreichende Sprechverständigung vorliegt, auch die Schaltkennzeichen übermittelt werden, unabhängig von einer nieder- oder trägerfrequenten Führung, unabhängig von der Zahl der Zwischenverstärker und Trägerfrequenzumsetzungen und unabhängig von der Art und Zahl der Durchschaltungen in den Netzknotenpunkten.

Infolge der Verlegung der Steuerzeichen in das Frequenzband der Sprache sind sehr hohe Anforderungen an die Tonwahleinrichtungen zu stellen. Um die Verstärker- und Modulationsstufen nicht zu übersteuern und um ein Übersprechen zu vermeiden, darf der Pegel des Tonfrequenzzeichens den Sprachpegel nicht übersteigen, insbesondere mit Rücksicht auf eine uneingeschränkte Verwendung auch auf Trägerfrequenzstrecken und Richtfunkverbindungen. Der Empfänger muß so empfindlich sein, daß er Steuerzeichen, die mit demselben Pegel wie die Sprache ankommen, sicher aufnimmt. Dabei sind Pegelschwankungen von $\pm$ 1 Neper, die selbst auf gut überwachten Kabelverbindungen auftreten können, zu berücksichtigen. Anderseits muß der Zeichenempfänger auch während des Gespräches angeschaltet bleiben, um zumindest das Schaltkennzeichen für Auslösen aufnehmen zu können. Der Empfänger darf aber auf Sprache nicht oder nur äußerst selten ansprechen.

Wie schwierig diese Aufgabe zu lösen ist, zeigt sich in der Tatsache, daß trotz einer 25jährigen Entwicklung noch kein Verfahren gefunden wurde, das in allen Punkten den technischen und wirtschaftlichen Anforderungen gerecht wird.

Eine Lösung, die z. Z. praktisch im Versuchsbetrieb läuft, erreicht die geforderte Sprachunempfindlichkeit durch weitgehende frequenzmäßige und zeitliche Verschlüsselung der Steuerzeichen und durch Verriegelung des Empfängers bei Sprache. Vor jedem Steuerzeichen und jeder Stromstoßreihe wird ein aus 2 Frequenzen bestehendes Vorbereitungszeichen gesendet, das bei der Gegenstelle den Empfänger für die Steuerzeichen erst empfangsbereit macht. Bedingung ist dabei, daß die 2 Frequenzen des Vorbereitungszeichens mit etwa gleichem Pegel und mit einer Mindestdauer (von 17 ms) ankommen, daß zwischen Vorbereitungszeichen und Steuerzeichen keine der beiden Frequenzen, selbst mit schwächerem Pegel, auf der Leitung liegt (einwandfreie Pause von mindestens 5 ms) und daß das Steuerzeichen mit der reinen Signalfrequenz anschließend (spätestens nach 45 ms) eintrifft. Für das Vorbereitungszeichen werden die Frequenzen 2040 und 2400 Hz und für das Steuerzeichen 2040 Hz (oder 2400 Hz) verwendet, also Frequenzen, die sich mit den vom CCIF vorgeschlagenen decken. Da das Steuer-

zeichen nur mit einer Frequenz gegeben wird, entfallen alle Einflüsse durch Laufzeitunterschiede und Einschwingzeiten. Auf Grund sehr steiler und gut abgestimmter Filter sprechen die einzelnen Stromkreise nur auf Frequenzen an, die nicht mehr als ± 100 Hz von der Sollfrequenz abweichen.

Zur Verriegelung des Empfängers bei Sprache werden alle außerhalb der Zeichenfrequenz liegenden Frequenzen herangezogen, die durch Gegensteuerung am Gitter der Empfangsröhre und durch Gegenerregung des Empfangsrelais mittels einer Zweitwicklung die Empfangseinrichtung während des Sprechens unempfindlich machen oder sogar vollkommen sperren. In der Sprache g.F. vorhandene 2040- und 2400-Hz-Frequenzen können das Empfangsrelais also nicht oder nur äußerst selten zum Ansprechen bringen.

Ein übertrieben wirksamer Sprachschutz macht aber die Wahl schon bei den im Betrieb vorkommenden Geräuschpegeln und bei geringer Überverstärkung der Leitung unsicher. Es ist deshalb, wie der bisherige Versuchsbetrieb gezeigt hat, den Leitungsgeräuschen und der Leitungsstabilität große Aufmerksamkeit zu schenken. Die im Zweidrahtteil der Verbindung auftretenden Geräusche (Netzbrummen, Schaltknacke) sind besonders gefährlich. Sie müssen zumindest während der Impulsübertragung weitgehend von der Tonwahlstrecke ferngehalten werden, um eine zusätzliche Zeichenverzerrung oder gar eine Sperrung des Empfängers durch den Sprachschutz zu vermeiden.

Das Vorbereitungszeichen übernimmt gleichzeitig die Aufgabe, die weitergehende Leitung hinter dem Empfänger für die Dauer jedes Impulses und jeder Impulsreihe kurzzuschließen. Die Steuerzeichen bleiben auf diese Weise auf den eigenen Leitungsabschnitt beschränkt. Sie können weder auf eine zweite Leitungsstrecke gelangen (Anstoßen folgender Tonwahleinrichtungen) noch über eine g.F. angeschlossene Gabel mit geringer Rückflußdämpfung zum Zeichenempfänger der Ausgangsübertragung zurückfließen. Dieser Kurzschluß kann jedoch auf Wunsch unterbunden werden, so daß die Steuerzeichen dann ohne Umsetzung auf folgende Tonwahleinrichtungen weitergegeben werden.

Der Tonwahlempfänger kommt mit einer Verstärkerröhre aus. Trotzdem ist der Gesamtaufwand durch die 2 Schwingkreise, die 2 Empfangsrelais und durch die für die Ver- und Entschlüsselung erforderlichen Relais in den Tonwahlübertragungen, die in ihren Anzugs- und Abfallzeiten sehr genau abgestimmt und laufend überwacht werden müssen, recht erheblich. Es wird deshalb versucht, eine Tonwahl zu entwickeln, die unter Verzicht auf die frequenzmäßige Verschlüsselung nur mit einer Signalfrequenz arbeitet.

Durch die Verlegung der Steuerfrequenzen von 600/750 Hz, den ursprünglichen CCIF-Frequenzen, auf 2040/2400 Hz wurde die Sprachunempfindlichkeit sehr erheblich gesteigert, da die Sprachenergie mit zunehmender Frequenz stark abnimmt. Es war deshalb beispielsweise ohne weiteres möglich, den Pegel der Steuerzeichen etwa auf den der mittleren Sprachenergie zu senken. Ein weiterer Gewinn läßt sich in

dieser Richtung erzielen, wenn eine noch höhere Steuerfrequenz verwendet wird. Die Pegelschwankungen nehmen dann zwar zu, sie können aber bei 3000 Hz noch beherrscht werden. Der Rückfluß über die Gabel kann für den Empfänger der abgehenden Übertragung dadurch unwirksam gemacht werden, daß für die Gegenrichtung eine von der Vorwärtsrichtung abweichende Zeichenfrequenz verwendet wird (Zweiwegprinzip). Eine Beschränkung der Signalgabe auf die einzelnen Leitungsabschnitte ist zumindest im innerdeutschen Verkehr nicht zwingend. Sie kann jedoch bei Bedarf durch zusätzliche Schaltmittel erreicht werden. Die Filter des 3000-Hz-Empfängers lassen sich mit den heutigen Bauelementen, ohne zu hohen Kostenaufwand und Raumbedarf, sehr steil und sehr schmal ausführen. Die für den praktischen Betrieb erforderliche Sprachsicherheit läßt sich durch eine zeitliche Verschlüsselung erzielen, durch die alle Fehlimpulse unter einer bestimmten Länge unterdrückt werden. Der im Empfänger beim Vorhandensein von Sprache wirksam werdende Sprachschutz kann sehr weit getrieben werden, wenn es gelingt, die Geräusche auf der Leitung — zumindest während der Zeichengabe — sehr niedrig zu halten. Eine etwas längere Nachwirkzeit der Sprachsperre wird verhindern, daß selbst reine 3000-Hz-Frequenzen der Sprache, so lange sie im Sprachfluß selbst auftreten, die Empfangsschaltung zum Ansprechen bringen.

Ein größerer Betriebsversuch mit einer auf Grund dieser Überlegungen gebauten Einfrequenztonwahl wird zeigen, ob die Sprachsicherheit trotz der vorgenommenen Vereinfachungen noch genügt und ob trotz der erhöhten Geräuschempfindlichkeit noch eine zuverlässige Impulsgabe gewährleistet ist. Die Vereinfachungen würden sich bei der zu erwartenden großen Zahl an Tonwahleinrichtungen besonders für die laufende Überwachung und Pflege segensreich auswirken.

Mit Rücksicht auf Leitungen, deren obere Übertragungsfrequenz bei 2700 Hz oder 2400 Hz liegt, wird eine Weiterentwicklung der Einfrequenzwahl mit den Signalfrequenzen 2280 Hz für die Vorwärtsrichtung und 2080 Hz für die Rückwärtsrichtung angestrebt. Erst durch eingehende Versuche kann festgestellt werden, ob die zu fordernde Sprachsicherheit auch bei Steuerzeichen mit diesen Frequenzen erreicht werden kann.

d) Wahl über Trägerfrequenzgeräte mit systemeigener Steuerzeichenübertragung

Der große Bedarf an Stromkreisen im Selbstwählferndienst läßt sich in erster Linie nur durch trägerfrequente Ausnutzung der Leitungen befriedigen. Es liegt nahe, die Trägerfrequenzgeräte so auszubauen, daß in jedem Trägerfrequenzkanal nicht nur die Sprache, sondern auch die Steuerzeichen durch eine außerhalb des Sprachbandes liegende Frequenz übertragen werden. Damit läßt sich in sicherer und einfacher Weise eine Wahl über den einzelnen Trägerfrequenzabschnitt durchbringen. Für den Endverkehr mit nur einer Trägerfrequenzstrecke ist

diese Art der Wahlimpulsübertragung ohne weiteres ausreichend. Zu klären ist noch, ob auch beim Hintereinanderschalten mehrerer Trägerfrequenzlinien mit systemeigener Wahl nicht zu viel Zeit für die Umsetzung der Stromstöße an den Stoßstellen verlorengeht und damit die Durchschaltung der Gesamtverbindung zu stark verzögert wird (Meldeverzug). Die Entscheidung über das endgültig zu verwendende Tonwahlsystem kann erst gefällt werden, wenn die verschiedenen Systeme in wirtschaftlicher und betrieblicher Hinsicht klar übersehen werden können.

C. Eingliederung der Fernämter in die Landesfernwahl

Die allmähliche Umstellung des deutschen Fernnetzes auf den Wählbetrieb läßt, so könnte man meinen, die weitere Entwicklung der Fernamtstechnik in den Hintergrund treten. Das ist jedoch keineswegs der Fall. Fernämter werden, wenn auch in geringerer Zahl, auch weiterhin gebraucht. Nur bringt die Technik eines Landeswählnetzes soviel Neues an Bedingungen, daß nur eine Neugestaltung der Einrichtungen von Grund auf zu brauchbaren Betriebsmitteln in künftigen Fernämtern führen kann. Aus dem vorläufigen Ergebnis der noch laufenden Entwicklung ergibt sich dann auch bereits, daß die neuen Einrichtungen technisch von den bisher verwendeten völlig abweichen werden. Trotzdem bleibt die Arbeitsweise an den künftigen Plätzen der vordem geübten so verwandt, daß die Beamtinnen ohne Schwierigkeiten von den alten Schränken an die neuen Arbeitstische werden übergehen können.

I. Betriebliches

Diese Geradlinigkeit in der betrieblichen Fortentwicklung rührt vorwiegend daher, daß die vom Fernamt hergestellten Verbindungen auch künftig ebenso betreut bleiben müssen wie bisher. Die Beamtin muß die Gespräche einleiten und sich durch kurzes Mithören überzeugen können, daß diese ungestört verlaufen; sie wird vom Teilnehmer zum Eintreten in die Verbindung herbeigerufen werden können, falls er einen besonderen Wunsch anzubringen hat oder eine Schwierigkeit zu beseitigen ist, und sie wird schließlich die gebührenpflichtige Gesprächszeit festzustellen und auf dem Gesprächsblatt zu vermerken haben. Man ist versucht, diesen Betreuungsaufwand gegenüber der völlig selbständig ablaufenden Selbstwählverbindung als ungerechtfertigt anzusehen. Nun ist das Selbstwählfernnetz noch für lange Zeit nicht identisch mit dem gesamten Fernnetz; die Betriebsgüte im gesamten Landesnetz wird in absehbarer Zeit nicht derart einheitlich gesteigert werden können, daß man auch die vom Fernamt hergestellten Verbindungen sich selbst wird überlassen können, indem man sie, wie vorgeschlagen worden ist, vom Gesprächsbeginn ab vom Fernplatz löst. Insbesondere für den Auslandsverkehr wäre eine solche Betriebsart undurchführbar. Weiterhin wäre für ein solches Verfahren der Einbau sehr kostspieliger, selbsttätiger Gebührenzähler oder Gebührenzettel-

drucker erforderlich. Dem dafür anzusetzenden Aufwand steht dabei kein gleich großer Gewinn an anderer Stelle gegenüber.

Selbst im Endzustand der Landesfernwahl werden die Fernämter noch einen Verkehrsrest zu bewältigen haben, der vor allem die betreuungsbedürftigen Verbindungen umfaßt. Hierunter fallen in erster Linie wieder der größte Teil des Auslandsverkehrs, aber auch sonstige Weitverbindungen, bei denen mitunter Schwierigkeiten nicht vermieden werden können. Ferner werden den Fernämtern jene besonderen Gattungen von Gesprächen zur Vermittlung verbleiben, die ihrer Natur nach der Mitwirkung einer Beamtin bedürfen, z. B. XP-, R- und auch V-Gespräche. Das „dringende Gespräch" verliert im Sofortnetz seine alte Bedeutung, die ihm beim Wartebetrieb an der Fernleitung den Vorrang gegenüber den „gewöhnlichen Gesprächen" sicherte. Nach Einführung der Landesfernwahl wird es wahrscheinlich in der Bedeutung weiter leben, daß es die Aufschaltung auf Ortsverbindungen durch die Beamtin im Teilnehmerbesetztfall bezweckt. Endlich wird man sich in vielen Einzelfällen an das Fernamt wenden, um eine an das Gespräch anschließende Gebührenansage zu erhalten; Gebührenanzeiger werden ja nur dort vorhanden sein, wo sie laufend gebraucht werden. Auch Mangel an eigener Fertigkeit oder Erfahrung wird Anlaß dazu sein, die Hilfe einer Beamtin in Anspruch zu nehmen, und nicht selten wird dies auch in den Fällen geschehen, in denen irgendwelche Mängel oder Verkehrsbehinderungen dem Teilnehmer es nicht ratsam erscheinen lassen, den Verbindungsaufbau selbst zu wiederholen. Immer aber wird der Teilnehmer, der ein Ferngespräch durch Vermittlung einer Beamtin erhalten hat, erwarten, daß diese ihm eine einwandfreie Verbindung bereitstellt und auch sichert, daß sie ferner nur die wirklich für eine brauchbare Verständigung nutzbare Dauer der Gebührenermittlung zugrunde legt, die Verbindung also in jeder Weise ordentlich betreut. Für die Entwicklung der künftigen Fernämter bedeutet das, daß Mithören, Platzherbeiruf, Wiedereintreten, Schlußzeichenempfang und Nachrufen es der Beamtin ermöglichen müssen, den einwandfreien Betriebsablauf verantwortlich zu überwachen.

II. Das Wählerfernamt

Die technische Begründung für die allgemeine Lösungsform des künftigen Fernamtes läßt sich nur aus der heute schon in seinen großen Umrissen feststehenden Technik der Landesfernwahl herleiten. Wohl zwang die besondere Größe eines Fernamtes schon früher zum Einsatz besonderer Mittel dann, wenn das Schrankvielfach nicht mehr ausreichte, die hohe Anzahl der Fern- und Überweisungsleitungen aufzunehmen. Die ehemalige DRP hat in solchen Fällen ihre schnurlosen Tischfernämter verwendet; die ihnen notwendigerweise als Hilfsplätze beigegebenen Fern-B-Plätze und Durchgangsschränke mit Verbindungsschnüren bzw. Schnurpaaren zeigen jedoch, daß es sich im Grunde nicht um schnurlose Ämter handelt. Nur ihr Wählerausgang in die

Überweisungsnetzgruppe weist darauf hin, daß die Automatisierung von dort her bereits die Fernamtstechnik berührte. Hier kann man also die Linie bereits erkennen, die nunmehr derart fortgesetzt werden soll, daß auch die Fernleitungsseite vollkommen mit Wählern beherrscht wird. An den neuen Plätzen müssen abgehende, ankommende und Durchgangs-Verbindungen nach möglichst einheitlichem Verfahren herstellbar sein. Erst dann bedeutet das Neue keinen betrieblichen Rückschritt gegenüber den z. Z. verwendeten Fernämtern 36. Die vom Fernamt hergestellten Verbindungen müssen zudem übertragungstechnisch den selbst-gewählten möglichst gleichwertig sein. Sie müssen also 4-drähtig durchgeschaltet werden, und es müssen dieselben Glieder an der Fernleitung für die Pegelhaltung wirksam werden, wie bei vollselbsttätigem Verbindungsaufbau.

Die Fernleitungen des Selbstwählnetzes, die zwischen den Fernwählämtern verlaufen und entsprechend der vom Teilnehmer gewählten Kennzahl durch die Wähler zusammengeschaltet werden, sollen auch vom Fernamt mitbenutzt werden. Ein Sondernetz der Fernämter soll also im Endzustand nicht bestehen bleiben, weil dessen Leitungsbündel nicht die für einen guten Wirkungsgrad der Leitungen erforderliche Größe erreichen würden. Im künftigen Fernplatz stehen also mit fortschreitender Einführung der Landesfernwahl in zunehmendem Maße an Wählern endende und von Wählern abgehende Fernleitungen zur Verfügung, die auch von Fernplätzen her im Endverkehr mit den Ausläufern des Netzes, aber auch noch im Durchgang miteinander verbunden werden müssen. Mit Stöpsel und Klinke wäre eine solche Zusammenschaltung nur möglich, wenn jede dieser Leitungen durch Zusätze in ihrer Relaisübertragung oder eine entsprechend zugeordnete Vorübertragung nicht nur von Wählern, sondern auch über die Fernamtsklinke belegbar wäre. Der zusätzliche Aufwand für einen solchen 2. Eingang entsteht also dabei für alle Fernleitungen. Vom Fernamt benutzt wird aber nur stets ein verhältnismäßig kleiner Teil der Leitungen aller Bündel, weil die Mehrzahl durch Selbstwählgespräche in Anspruch genommen wird. Will man den Umfang der Verbindungsmittel des Fernamtes dessen wirklicher Belastung anpassen und in größeren Zeitabständen wiederum angleichen, so darf man deswegen keinen Aufwand an der einzelnen Leitung treffen, sondern man muß die Verbindungsmittel so gestalten, daß sie im gemeinsamen Vielfach mit den Wählern des Selbstwählferndienstes eine freie Leitung der gewünschten Richtung finden (Bild 6). An Stelle der Stöpsel an den Ein- und Ausgängen der Verbindungssätze treten also Wähler. Diese und die Verbindungssätze selbst gleichen natürlich im Schaltungsprinzip der Verbindungstechnik der Landesfernwahl, so daß im Zusammenwirken beider Betriebsarten keine die Parallelarbeit komplizierenden, schaltungstechnischen Stoßstellen auftreten. Dadurch wird nicht nur der schaltungstechnische Mehraufwand für eine Anpassung erspart, sondern es ergeben sich daraus auch noch andere Vorteile.

Die schaltungstechnische Gleichförmigkeit der Gesamtanlage führt nämlich dazu, daß die übertragungstechnischen Eigenschaften einer vom Fernplatz her vorgenommenen Zusammenschaltung grundsätzlich gleich denen einer Selbstwählverbindung bleiben. Die vom Fernamt hergestellten Verbindungen laufen im allgemeinen gegenüber der selbstgewählten Verbindung zwar über mehr Wahlstufen, die aber bei der angestrebten technischen Güte der neuen Wähler und bei der geplan-

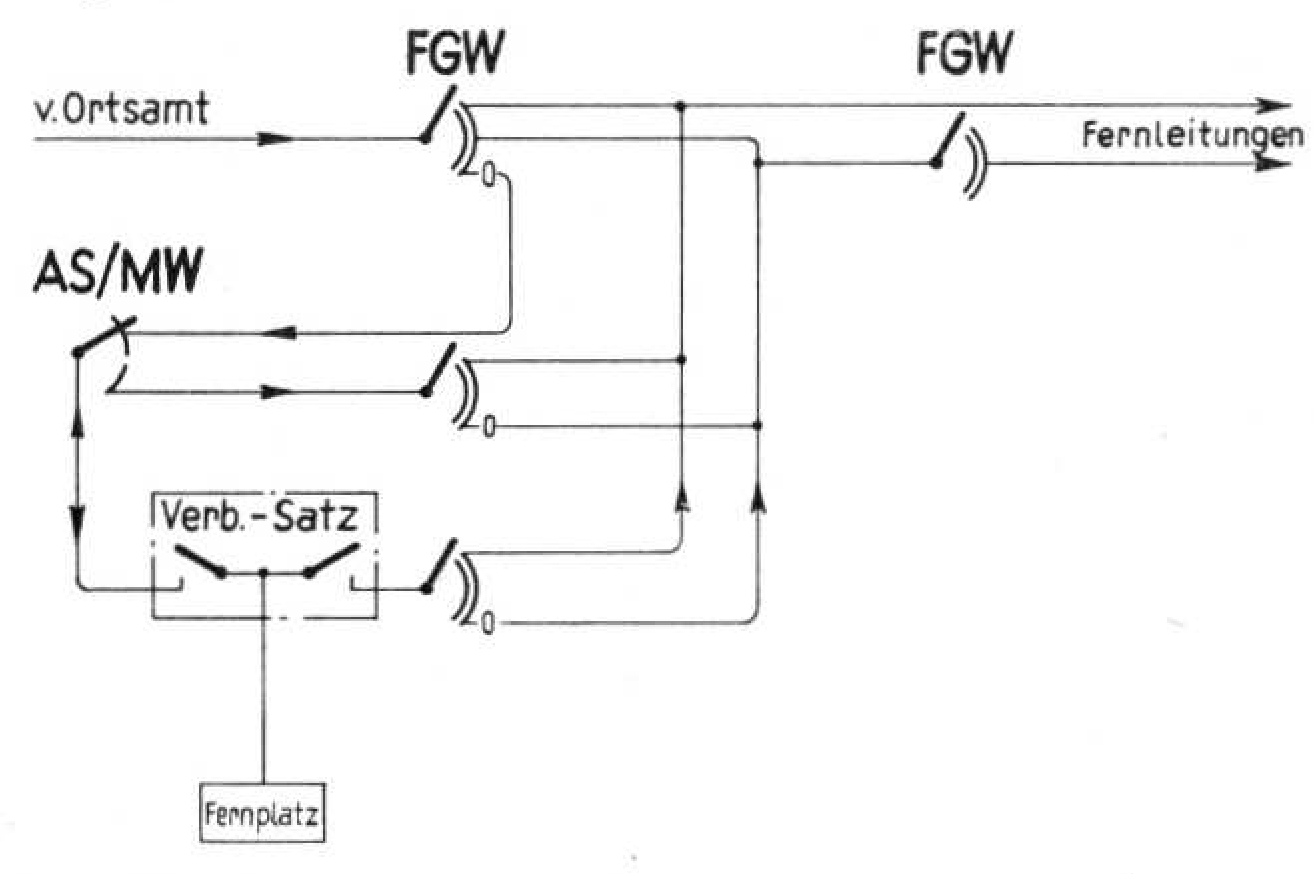


Bild 6. Zugänglichkeit der Fernleitungen in einem Wählerfernamt

ten übertragungstechnisch sehr stabilen vierdrähtigen Durchschaltung keine merklichen Güteunterschiede zwischen beiden Aufbauarten herbeiführen können. Auch für den technischen Betrieb stellt die grundsätzlich gleiche technische Planung der Selbstwähl- und der Fernamtsverbindungstechnik das geringste Maß von Anforderungen an das Entstörungspersonal, das nun hinsichtlich der notwendigerweise aufzuwendenden Schaltkennzeichen und deren Verteilung auf die Leitungen des Systems einem einheitlichen Bild gegenüber steht.

Aufbaumäßig wäre es aus vielerlei Gründen verfehlt, wenn man die Verbindungssätze wie bei Schnurämtern in den Fernplätzen belassen und nur ihre Ein- und Ausgänge bis in die Wählergestelle vorstrecken wollte. Der Raummangel und die Unzugänglichkeit der Relaissätze im Ferntisch, die Gefahren, die sich für die Übertragungstechnik aus der Verkabelung ergeben, die Verstaubung und die klimatischen Einwirkungen auf die Einrichtungen im Fernsaal, schließlich die allgemeine Sicherheit der wesentlichen Verbindungsmittel usw. fordern entschieden, die Verbindungssätze aus dem Betriebssaal in die technischen Räume zu verlegen und sie dort in der bewährten Weise übersichtlich und geschlossen aufzubauen. Alle Teile werden so unter günstigsten Bedingungen gewartet und betrieben. An den Fernplätzen bleiben lediglich die notwendigen Bedienungs- und Anzeigemittel; über reine Steuerleitungen werden die Verbindungssätze beherrscht und die notwendigen Signale am Fernplatz erzeugt. Die Gesprächsverbindungen durchlaufen bei der nun möglichen günstigen Anordnung der Verbindungsglieder auf kürzestem Weg das Fernamt und berühren dabei nicht mehr den

Fernsaal. Für das Vermittlungsgespräch ist die Beamtin lediglich durch eine Stichleitung an die Fernleitungen angeschaltet; sie empfindet das keineswegs, da sie wie am jetzigen Fernschrank getrennt nach beiden Verbindungsrichtungen eines Aufbaues hin arbeiten kann, zum Gespräch durchschaltet und aus beiden Richtungen die Signale auf besonderen Lampen erhält. Somit besitzt sie dieselben Möglichkeiten, auf die einzelnen von ihr hergestellten Verbindungen einzuwirken und an den Anzeigeorganen der ihrem Platz zugeordneten Verbindungssätze alle Signale zu beobachten, wie an den Plätzen der jetzt üblichen Schnurfernämter.

Die Verbindungsmöglichkeiten eines Allplatzes können aus dem Übersichtsplan eines Wählamtes des SWF-Dienstes, dem ein Wählerfernamt beigegeben ist, ersehen werden (Bild 7). Der Plan stellt die Anordnung der Wählergruppen eines Zentralamtes dar, also eines

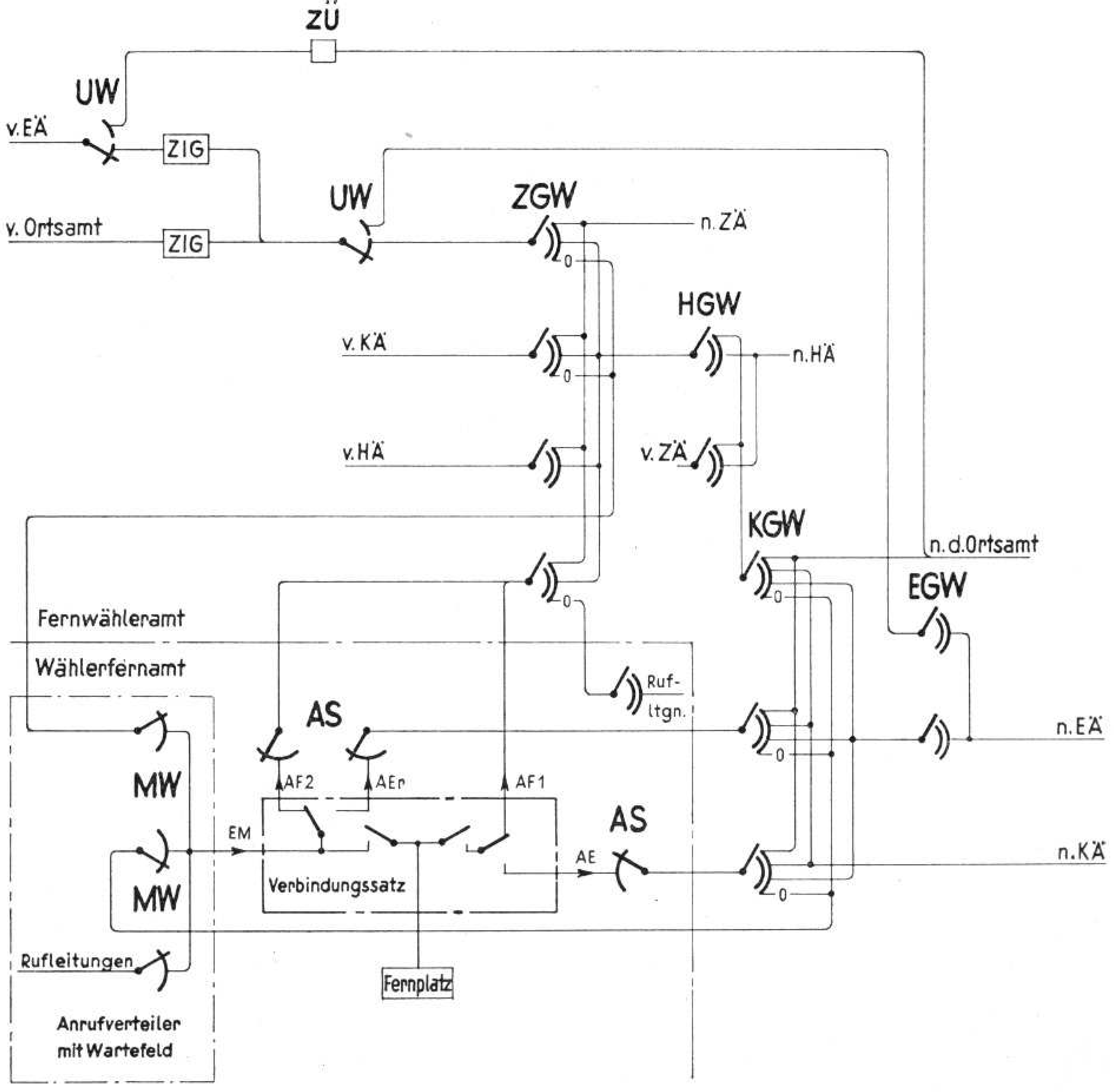


Bild 7. Eingliederung eines Wählerfernamts in die Landesfernwahl

Durchgangsamtes der obersten Netzebene, das immer auch die Einrichtungen eines Hauptamtes und Knotenamtes in sich schließt. Er zeigt ferner, in welcher Weise das Fernamt den Verbindungsmitteln der Landesfernwahl angegliedert wird. Vom Verbindungssatz her erkennt man die verschiedenen Schaltmöglichkeiten, die am Fernplatz ausgeführt werden können.

Den Meldefernplätzen werden die Meldeanrufe über den Eingang EM zugeleitet. Die über die Mischwähler zugebrachte anrufende Leitung wird, dem Verlangen des Teilnehmers entsprechend, unmittelbar über den Ausgang AF 1 über eine Fernwahlleitung oder über die ebenfalls erreichbaren Rufleitungen (oft als handbediente Fernleitungen bezeichnet) weiter verbunden. Im ersten Falle wählt die Beamtin im allgemeinen sogleich den fernen Teilnehmer, im letzten übernimmt der gerufene Ankunftsplatz des fernen Amtes die Weitervermittlung. Bleibt die Verbindung ausnahmsweise in einem Hauptamtsbereich, hat also der Teilnehmer aus zwingenden Gründen in einem solchen einfachen Falle keinen Gebrauch von der Selbstwahl gemacht, so kann die Beamtin den Ausgang AE benützen und damit Wahlstufen umgehen.

Dieser Ausgang unmittelbar auf die KGW des eigenen Hauptamtsbereichs ist in erster Linie im Fernankunftsbetrieb vorgesehen. Hierüber werden im HA-Bereich endende Verbindungen vermittelt. Ein Hauptteil davon endet wiederum im eigenen Ortsnetz des Zentralamtes. Um diese ankommenden Verbindungen nicht über ZGW und HGW führen zu müssen, wird ein unmittelbarer Ausgang AE nach den KGW eingebaut. Der Aufwand ist bei der starken Benützung dieses Überweisungsweges insbesondere für die Übergangszeit recht lohnend. Der zu vermittelnde Endverkehr rührt in erster Linie von den Rufleitungen her und gelangt also über die Mischwähler in die Verbindungssätze; in geringem Maße kommen auch Platzansteuerungen über Fernwahlleitungen vor, die in diesem Darstellungsbeispiel über den Höhenschritt 0 der KGW geführt sind. Wenn dieser Ausgang bei der geplanten Netzaufteilung in bestimmten Fällen für das zehnte KA gebraucht wird, muß die Platzansteuerung auf den Ausgang 0 des EGW gelegt werden. Wesentlich für die Wahl des Ausganges ist, daß er für jedes Fernamt nach der gleichen Regel angesteuert wird und als nicht dem Selbstwählnetz angehörender Weg dem Teilnehmer versperrt bleibt.

Wird am Fernankunftsplatz eine Durchgangsverbindung verlangt, so wird ebenfalls durch Kennzahlwahl über den Ausgang AF1 über Fernwahlleitungen oder auch über Rufleitungen weiter verbunden. Der betreffende Ankunftsplatz bedarf hierzu keiner Unterstützung durch eine andere Platzbeamtin; die übertragungstechnischen Bedingungen des Durchganges über Verstärker werden durch das Kennzeichenspiel der beiden Leitungsübertragungen selbsttätig erfüllt.

Der Verkehr über die Fernankunftsplätze muß mit zunehmender Automatisierung des Netzes immer geringer werden, weil dann in immer größerem Umfange den Abgangsplätzen die Durchwahl bis zum verlangten Teilnehmeranschluß offen steht. Erst wenn das Leitungsnetz

soweit ausgebaut ist, daß Speicherungen im Durchgang völlig vermieden werden können, und wenn weiterhin auch die besonderen Gesprächsarten, XP usw., von den Abgangsplätzen über das Fernnetz unmittelbar hergestellt werden können, werden die Fernankunftsplätze völlig aussterben. Die Erfüllung der erstgenannten Bedingung wird für eine solche Entwicklung ausschlaggebend sein.

Im Zusammenhang mit diesen Fragen steht die des Warteverkehrs überhaupt. Bisher wurden nur Verbindungsfälle betrachtet, die ohne Aufenthalt vor sich gehen konnten. Dem Fernamt entsteht dabei ein Minimum an Aufwand, und die Deutsche Bundespost bemüht sich daher ständig, den Sofortverkehr zu fördern und über den ganzen Tag hinweg aufrecht zu erhalten. Die Schwankungen des Verkehrs zwingen jedoch dazu, vorzusorgen, daß Überlastungen der Betriebsmittel durch den Übergang von Sofort- auf Warteverkehr abgefangen und dadurch Verluste weitgehend vermieden werden können. Als Speicherplatz für abgehende Gespräche werden die Ausgänge AF1 in Richtung Fernnetz und AEr zum Anmelder benutzt. Für gespeicherte Durchgangsverbindungen stehen als Zugang zu den Fernleitungen AF1 und AF2 zur Verfügung.

Man erkennt, daß die vielseitige Verwendung eines Allplatzes einen verhältnismäßig hohen Aufwand an Schaltmitteln und Wählern für den einzelnen Verbindungssatz bedingt. Er wird daher nur in sehr kleinen Ämtern verwendet werden können. Schon bei den mittleren Ämtern wird genau zu prüfen sein, ob es bei der vorliegenden Verkehrsaufgabe wirtschaftlicher ist, besondere Platzgruppen zu schaffen. Hierfür spricht zudem, daß die betriebliche Entwicklung zu einem einseitigen zahlenmäßigen Übergewicht einer bestimmten Platzgruppe führen wird. Neben der starken Gruppe der Meldefernplätze, deren Verbindungssätze sehr vereinfacht werden können, wird nämlich nur eine kleine Anzahl von Ankunftsplätzen notwendig sein (Bild 8), mit denen sowohl End- als auch Durchgangsverbindungen vermittelt werden können. Ferner

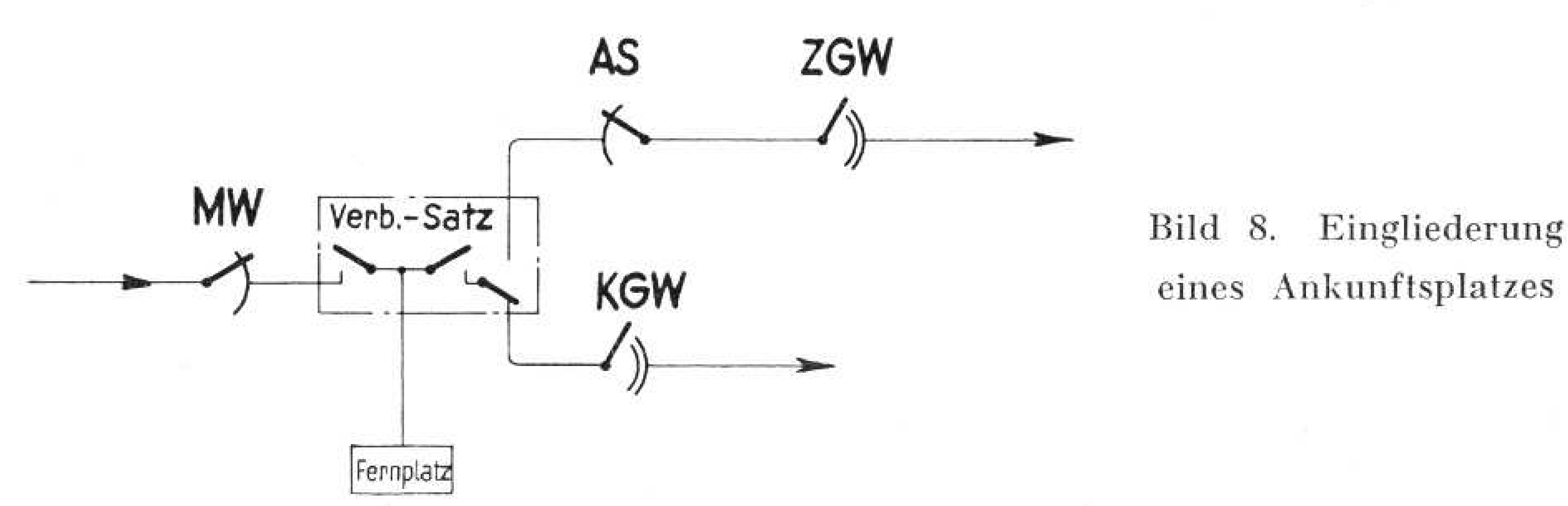


Bild 8. Eingliederung eines Ankunftsplatzes

braucht man noch wenige Warteplätze, an denen ohne Bindung an bestimmte Verkehrsrichtungen die Anmeldungen bearbeitet werden, die an den Meldefernplätzen aus irgendwelchen Gründen, z. B. gassen- oder teilnehmerbesetzt, gescheitert sind. Hinzu kommen noch einige Sonderplätze für gespeicherte Durchgänge, XP-Gespräche usw. Ist für die

Fernankunftsplätze eines Fernamtes nur noch äußerst wenig Durchgangsverkehr zu erwarten, so wird man ihn den Sonderplätzen übertragen und die Verbindungssätze der Fernankunftsplätze ohne AF-Ausgang vorsehen. Die Anrufe laufen dann zwar noch auf den Ankunftsplätzen ein, können aber in einfacher Weise rasch auf die Sonderplätze umgelegt werden. Als Speicherplätze für bestimmte Richtungen fungieren Meldefernplätze mit Ausgangsmöglichkeit AEr in den Hauptamtsbereich ohne individuelle KGW für die einzelnen Verbindungssätze. Diese Plätze erhalten außerdem eine Speichertaste, mit der die Freigabe der über den Ausgang AF1 belegten Fernleitung bei der Auflösung einer beendeten Verbindung verhindert wird. Die Minderung der Ein- bzw. Ausgänge der Verbindungssätze führt nicht nur zu geringerem Wähleraufwand, sondern vereinfacht die Schaltung der Sätze wesentlich und erlaubt daher auch darin wesentliche Ersparnisse an Schaltmitteln.

In bestimmten großen Ämtern treten schließlich noch Auslandsplätze auf, an denen fremdsprachenkundige Beamtinnen arbeiten. Je nach Zahl und Wert dieser Leitungen wird man die Anrufe über Mischwähler auf diese Plätze verteilen oder eine feste Zuschaltung der Auslandsleitungen auf die Verbindungssätze vorziehen.

III. Anrufwiederholung — Anrufverteilung

In den Fernämtern mit Vermittlungsschränken sind die Anrufzeichen entweder an allen Plätzen einer Gattung oder an bestimmten Platzgruppen wiederholt. Die Anrufe werden so gleichzeitig mehreren oder gar allen Beamtinnen als „Abnehmerbündel“ angeboten, so daß nach aller Wahrscheinlichkeit eine oder mehrere davon sich sofort um die Erledigung bemühen werden. Technisch erfordert jede Wiederholung des Anrufzeichens eine Klinke mit Anruflampe, also einen verhältnismäßig geringen Aufwand. Die Anrufwiederholung ist zweifellos der wirtschaftlichste Weg, in Schrankämtern die Wirksamkeit einer Bedienungsgruppe herbeizuführen und so einerseits die Einzelleistung zu steigern und andererseits die Abfragezeiten zugunsten einer besseren Leitungsausnutzung und zur Erzielung eines vorteilhaften Eindruckes beim Teilnehmer zu verbessern. Bei Wählerfernämtern ist dieser Lösungsweg nicht gangbar, weil die Verbindungen unmittelbar in die Verbindungssätze, also, nach der bisher geläufigen Vorstellung, in die Schnurpaare einlaufen und die einfachen Vielfachorgane daher fehlen.

Die Aufgabe bestände also hier darin, die Mischwahlstufen, über die den Verbindungssätzen die Anrufe zugeführt werden, so auszubilden, daß die eingehenden Anrufe auf mehreren freien Plätzen wiederholt werden, daß aber die Vielfachbelegungen mit dem Zeitpunkt des Abfragens an einem Platz an den Wiederholungsplätzen wieder aufgehoben werden. Im allgemeinen werden demnach immer mehr Anrufzeichen erscheinen, als Belegungen am Eingang der Mischwähler vorliegen. Sobald alle Anrufe angenommen sind, müssen also die Verbin-

dungssätze der Plätze, deren Beamtinnen keinen Anruf aufnehmen konnten, wieder frei werden, um für nachfolgende Angebote bereit zu stehen. Solche Schaltungen gelingen mit Anrufsuchern verhältnismäßig leicht, befriedigen aber dann betrieblich nicht. Die Verteilgeschwindigkeit wird durch die notwendige Zwischenschaltung der Rufordnertätigkeit gemindert. Warten mehrere Anrufe, so werden sie nicht in der Reihenfolge ihres Aufkommens, sondern in ungeregelter Reihenfolge durchgeschaltet. Im Einzelfall können dabei untragbar hohe Wartezeiten entstehen. Mischwählerschaltungen mit Vorwärtswahl bedingen anderseits für die gleichzeitige Durchschaltung eines Anrufes auf mehrere Plätze einen viel zu hohen Aufwand, weil die notwendigen Verzweigungen mit ihren Mischwählern an jeder ankommenden Leitung vorgesehen werden müssen, nach der Annahme des Anrufes über einen Weg die Schaltmittel der anderen Abgänge dieses Verzweigungspunktes jedoch ungenutzt bleiben, also nur während der Anrufdauer wirksam sind. Man kann dies allerdings vermeiden, wenn man auf ein Annahmeprinzip übergeht. Dabei kann man mit einem allgemeinen Anrufzeichen auskommen, das immer leuchtet, wenn Anrufe vor den Mischwählern stehen. Betätigt eine freie Platzbeamtin eine Annahmetaste oder den Abfrageschalter eines freien Systems, so wird die Verbindung diesem Platz zugeschaltet. Das Wählerfeld muß dabei natürlich einen stets vollkommenen Durchlaß sicherstellen und wird dann sehr aufwendig. Nachteilig sind viele der so möglichen Lösungen auch deshalb, weil die Beamtin, wie im letztgenannten Falle, nicht eindeutig den Zeitpunkt erfassen kann, zu dem ihre Meldung wirklich vollständig gehört wird. Es erscheint also überhaupt fraglich, ob die Anrufwiederholung bei Wählerfernämtern zu Recht anwendbar ist, zumal da ihr neben ihrer Nutzwirkung eine Reihe Mängel anhaften, die man durch Einschränken in der Anwendung des Prinzips teilweise mildern kann, sonst aber notgedrungen in Kauf nehmen muß.

Nicht nur der Aufwand für große Anruffelder bei vollkommener Wiederholung oder die Schwierigkeit, solche Klinkenfelder in den Schränken großer Ämter räumlich überhaupt unterzubringen, sondern auch betriebliche Gründe sprechen dagegen, die Wiederholung an allen Plätzen vorzunehmen; zweckmäßiger ist es, Wiederholungsgruppen zu bilden, bei denen für jede Beamtin im Übergreifen auf die Nachbarplätze noch jeder Anruf erreichbar sein mag. Man tritt aber auch für eine Wiederholung geringeren Ausmaßes ein, derart, daß nicht jeder Anruf jeder Beamtin derselben Platzgattung angeboten wird, und begründet ein solches Vorgehen mit der Erfahrung, daß eine zwei- bis dreimalige Wiederholung genügt, um eine gute Leistung des Personals und kurze Abfragezeiten zu erzielen. Vor allem aber ereignen sich die vergeblichen Abfrageversuche dann nur noch selten, die bei häufiger Wiederholung erhebliche Störungen für eine flüssige Betriebsabwicklung herbeiführen können. Man verzichtet also bewußt darauf, vollkommene Aufnahmegruppen zu schaffen, und begnügt sich mit der geringeren individuellen Leistung der in Teilbündeln zusammengefaßten

Plätze. Selbstverständlich entstehen in solchen Fernämtern aus der Gruppenbildung heraus Bedingungen für die Besetzung der Plätze, deren Einhaltung dem Betrieb manchen Zwang auferlegt.

Schließlich muß noch darauf geachtet werden, daß die Anrufe möglichst in der Reihenfolge ihres Aufkommens abgefragt werden, wenn im Anruffeld Wartezeiten auftreten. Es gibt verschiedene, teils betriebliche, teils technische Mittel, um zu starke Abweichungen der Wartezeiten von dem jeweiligen mittleren Wert zu vermeiden; doch stellen alle Verfahren Anforderungen an die Aufmerksamkeit und Disziplin der Vermittlungsbeamtinnen, wenn beispielsweise die Anruflampen auf jedem Platz in bestimmter Ordnung bedient werden sollen, oder sie erfordern irgendwelche technische Aufwendungen, wenn man beispielsweise die Anruflampen nach bestimmter Wartezeit flackern läßt oder die Lampen der neuerlich belegten Anruforgane immer erst dann einschaltet, wenn der letzte Anruf des vorangegangenen Schubes von Anrufen angenommen wurde.

Es war bereits hervorgehoben worden, daß die Anrufwiederholung für Schrankämter die billigste Form ist, ein Abnehmerbündel zu erzeugen, weil dabei die einfachen Schaltmittel der Schranktechnik verwendbar sind. In Wählerfernämtern wird die Bündelung bereits durch die immer notwendige Mischwählertätigkeit herbeigeführt, die an Stelle der Klinkenauswahl durch die abfragende Schrankbeamtin tritt. Sorgt man nun dafür, daß ein eingehender Anruf nur einem unbelegten Verbindungssatz eines gerade arbeitsfreien Platzes zugeteilt wird, so ergeben sich vorteilhaftere betriebliche Bedingungen, als sie eine Anrufwiederholung jemals herbeizuführen ermöglicht. Während bei dieser ein eingehender Anruf mehreren oder allen Beamtinnen einer bestimmten Platzgattung angeboten werden kann, wird er bei der Anrufverteilung über Wähler einer einzigen arbeitsbereiten Beamtin zugeführt. Diese braucht sich nicht erst zu entscheiden, ob sie sich im Augenblick erneut belasten kann oder nicht, sondern hat sogleich in einer bestimmten Weise zu reagieren; gerade die Entschlußhandlung stellt bei den vergeblichen Annahmeversuchen, wie sie beim Wiederholungsverfahren vorkommen, eine erhebliche Beanspruchung dar, die hier vermieden wird. Bei der Anrufverteilung erscheint kein allgemeines Angebot, sondern ein eindeutiger Arbeitsauftrag. Die einzelne Beamtin muß ihn sogleich erfüllen, wenn sie nicht durch zu lange Abfragezeiten auffallen will, und die rührige Beamtin kann nicht dazu verleitet werden, immer wieder zugunsten weniger arbeitsfreudiger Mitarbeiter einzuspringen und tagtäglich ihre Arbeitskraft durch Überanstrengung vorzeitig zu verbrauchen; trotzdem steht diese mit ihrem großen Leistungsvermögen dem Betrieb bei eintretender Verkehrsüberlastung voll zur Verfügung, weil ihre dann gesteigerte Arbeitsgeschwindigkeit ihr in stets kürzeren Abständen neuerliche Anrufzuteilungen sichert als den leistungsschwächeren Kräften.

Bei einem Überangebot von Anrufen, wenn also der einzelne Anruf nicht mehr sofort einer aufnahmebereiten Beamtin zugeschaltet wer-

den kann, sollen Verluste möglichst vermieden werden, d. h. der Anrufer soll nicht durch das Besetztzeichen zurückgewiesen werden. Im Falle einer Anrufwiederholung müßten jetzt mehr und mehr Plätze mit Anrufen, teilweise sogar mit mehreren gleichzeitig bedacht werden, wenn man betrieblich ähnlich wie in Schrankämtern verfahren will. In solchen spiegelt sich die Häufung allein im Anruffeld wider. Die Beamtinnen werden durch die zahlreichen leuchtenden Anruflampen zu höherer Leistung angespornt. In einem Wählerfernamt würden die vielen Leuchtzeichen im Bedienungsfeld der Ferntische erscheinen und dort den Überblick über die Signale der bestehenden Verbindungen erheblich beeinträchtigen, die Arbeitsweise der gerade dann bereits sehr angestrengt tätigen Beamtin also zusätzlich erschweren. Solche Behinderungen können niemals und insbesondere nicht in der gerade besprochenen Betriebslage an den Meldefernplätzen eines Wählerfernamtes auftreten, wenn man eine Anrufverteilanlage so entwickelt, daß der Übergang zum Speichern der Anrufe selbsttätig erfolgt. Da eine unmittelbare Durchschaltung eines eingehenden Anrufes auf einen freien Platz im betrachteten Zeitpunkt unmöglich sein soll — dies würde eine zufallsbedingte Bevorzugung eines einzelnen Anrufes bedeuten —, müssen die Anrufe an der Stelle angehalten werden, von der aus der vollständige Verteilvorgang mit allen Durchlaßmöglichkeiten angelassen werden kann, sobald ein freier Platz zur Verfügung steht, d. h., die Anrufe müssen am Eingang der Verteilwähler warten. Dort also muß schaltungstechnisch die Bildung eines Wartefeldes vorgesehen werden. Es muß in der Lage sein, eine bestimmte Anzahl von Anrufen zu speichern und einen um den anderen zur Zuteilung auf freie Plätze freizugeben, sobald solche gekennzeichnet werden. Betrieblich wird dabei gefordert, daß die Anrufe möglichst genau in der Reihe des Einganges auf freie Plätze geleitet werden. Solche Schaltungen sind praktisch in verschiedener Weise ausführbar, und man hat sie neuerdings noch in mancher Hinsicht verbessert. Durch eine geeignete, selbsttätige Ansage soll die Geduldsgrenze der wartenden Teilnehmer hinausgeschoben weren, so daß auch bei etwas längeren Wartezeiten Verluste möglichst unterbleiben. Die Aufnahmefähigkeit des Wartefeldes wird veränderbar gemacht, so daß die größtmögliche Zahl der wartenden Anrufe der jeweiligen Zahl der besetzten Abnahmeplätze angepaßt werden kann. Es wird also für vorteilhafter angesehen, dem Anrufer in besonders ungünstigen Augenblicken ein Besetztzeichen zu geben, als ihm außergewöhnlich hohe Wartezeiten zuzumuten. Den tätigen Abnahmeplätzen wird vom Wartefeld her ein optisches Signal gegeben, sobald Anrufe gespeichert werden. Dieses Zeichen soll zudem in Stufen den relativen Füllungsgrad des Wartefeldes anzeigen, so daß die Beamtinnen ihre Arbeitsweise den jeweiligen Verkehrsanforderungen anpassen können.

Wesentlich für eine gut arbeitende Verteileranlage ist, daß sie die einzelnen Arbeitsplätze möglichst gleichmäßig mit Anrufen versorgt. Es können hierzu Steuereinrichtungen vorgesehen werden, die durch zusätzliche Sperrungen die Plätze in zyklischer Reihenfolge mit Zutei-

lungen versehen oder für eine gerechte Belastung nach anderen Gesichtspunkten, z. B. nach der Zahl der seit einer bestimmten Zeit an dem Platz hergestellten oder der noch stehenden Verbindungen, sorgen. Solche Mittel erfordern einen erheblichen technischen Aufwand und wirken zudem nicht in jeder Betriebslage vorteilhaft. Es erscheint daher am zweckmäßigsten, dem Wählmischfeld alle Freiheiten zu lassen und die gerechte Anrufverteilung durch die statistische Gleichmäßigkeit der Mischschaltung herbeizuführen. Die Verteilwähler müssen dabei also ohne Nullstellung arbeiten und dürfen auch durch das Wartefeld keinem Ordnungsprinzip unterworfen werden.

Als wesentlichstes Kennzeichen einer reinen Anrufverteilung wurde bereits hervorgehoben, daß einem Fernplatz immer nur ein Anruf, und zwar nur dann zugeteilt wird, wenn der Platz elektrisch als frei gekennzeichnet ist. Es würde dem Grundgedanken des Verfahrens, eine möglichst gleichmäßige Belastung aller Arbeitskräfte herbeizuführen, widersprechen, wollte man es der Beamtin überlassen, ihren Platz zu sperren oder freizuschalten. Man käme dabei mittelbar zu dem arbeitsorganisatorisch minder wertvollen Annahmeverfahren, bei dem es der Beamtin, wie im Falle der Anrufwiederholung, gelingt, sich vorsätzlich von der gleichmäßigen Mitarbeit auszuschließen. Eine selbsttätige Sperrung ist daher vorzuziehen; sie wird wirksam, sobald am Platz ein Anruf eingegangen ist, solange die Beamtin in einer Leitung vermittelt und dabei also einen Abfrageschalter eingeschaltet hält, und ferner, sobald ein Schlußzeichen angesprochen hat, allgemein also, sobald die Platzbeamtin einen Auftrag erhalten hat oder noch mit einer Aufgabe beschäftigt ist, die zur eigentlichen Vermittlungstätigkeit rechnet, und die eine schaltungstechnische Kennzeichnung liefert. Damit ist die vorliegende Aufgabe jedoch noch nicht vollständig gelöst, weil das Freikriterium des Platzes noch nicht in allen Fällen die Arbeitsbereitschaft der Beamtin zu kennzeichnen vermag. Schließlich kann nämlich dadurch eine Übersättigung des Platzes eintreten, daß zu einem Anruf eine Aufforderung aus einer bestehenden Verbindung hinzutritt, bevor das erste Signal beantwortet wurde. Besitzt die Arbeitsgruppe in diesem Augenblick noch aufnahmefähige Plätze, so muß die Möglichkeit der Aushilfe bestehen.

Der letztgenannte Betriebsfall könnte es als ausreichend erscheinen lassen, die erneute Zuteilung des störenden Anrufes auf einen anderen freien Platz, also seinen Abwurf, selbsttätig zu veranlassen, sobald das zweite Signal, z. B. ein Platzherbeiruf oder Schlußzeichen, aufkommt. Hiermit würde jedoch nicht die erstgenannte Situation erfaßt, in der eine Beamtin aus irgendeinem Grunde nicht aufnahmebereit ist, und wobei die selbsttätige Platzsperre nicht gegeben ist, z. B. bei einer länger dauernden Gesprächsblattbehandlung oder einer augenblicklichen persönlichen Behinderung. Allen solchen Gegebenheiten kann entsprochen werden, wenn der Abwurf von der Betätigung einer besonderen Taste abhängig gemacht wird. Der Beamtin bleibt dadurch ein begrüßenswerter Rest von Entschlußfreiheit, in den möglichen Fällen

des unvermeidbaren Zusammentreffens von Anforderungen im rechten Sinne zu entscheiden. Betont sei an dieser Stelle, daß eine solche Abwurftaste das Prinzip der eindeutigen Arbeitszuteilung nicht aufhebt, weil in jedem Falle der nicht gerechtfertigten Abgabe eines Auftrags ein mehr oder weniger gehemmter Entschlußakt notwendig ist. Da die Handhabung der Abwurftaste offensichtlich angezeigt wird oder in verschiedener Weise leicht beobachtet werden kann, ist ihr Mißbrauch kaum möglich.

Diese Überlegungen zeigen, daß für Wählerfernämter die Frage Anrufwiederholung oder Anrufverteilung sich zugunsten des letztgenannten Verfahrens entscheidet. In der Schrankamtstechnik ist die Anrufwiederholung unzweifelhaft der Eigenart dieser Einrichtungen zugehörig, der Technik der Wählerfernämter paßt sich offensichtlich die Anrufverteilung organisch richtig an. Sie ermöglicht außerdem, verschiedene betriebliche Forderungen leichter zu erfüllen, und bietet mancherlei arbeitstechnische und arbeitspsychologische Vorteile.

IV. Der Fernplatz im Wählerfernamt

Ein wesentliches Kennzeichen eines Fernamtssystems nach außen hin ist der Arbeitsplatz selbst. Obwohl er beim Wählerfernamt nur einen Bruchteil der investierten Technik in sich birgt, ist er doch die Grundlage für den Betriebserfolg. Seine Gestaltung verlangt daher alle Sorgfalt, und die Gestalt und Anordnung jeder Einzelheit muß wohl durchdacht und in allen Folgerungen abgewogen werden.

Da die Aufgaben an den Plätzen im Grunde die gleichen bleiben wie bisher, sollten für den neuen Arbeitsplatz auch die Aufbaugrundlagen beibehalten werden, die sich in einer langen Entwicklung als sehr vorteilhaft herausgebildet haben. So hat es sich als äußerst zweckvoll erwiesen, jedem Verbindungssystem einen Abfrage- und einen Mithörschalter individuell zuzuordnen; jeder der beiden Schaltzustände kann dann mit einem Handgriff herbeigeführt werden. Es wird jedoch davon abgegangen, beide Schaltaufgaben mit einem doppelseitig wirkenden Schalter auszuführen. Immer wieder hat es sich gezeigt, daß die Beamtinnen die rückwärtige Schaltstellung zum Mithören als unhandlich empfinden und nicht selten — fehlerhaft — in der Abfragestellung die Verbindungen überprüfen. Im neuen Bedienungsfeld (Bild 9) findet man daher vor dem Abfrageschalter eine einfache, nicht gerastete Drucktaste zum Mithören. Nach erprobtem Vorbild sind Ruf- und Trennschalter, dieser jetzt allerdings mit entgegengesetztem Wirkungssinn als Betriebsrichtungsschalter, nur einmal am Platz vorgesehen. Die Beamtin betätigt diese Steuermittel mit der linken Hand in stets gleicher Grifflage und arbeitet daher mit gleicher Bedienungssicherheit in allen Verbindungssystemen. Im Wählerfernamt tritt zu diesen Steuermitteln eine gemeinsame Auslösetaste, die für die Auslösung in beide Richtungen zugleich wirksam werden kann oder, wie die Ruftaste und der Zahlengeber, je nach der Stellung des Betriebsrichtungsschalters nach

der einen oder anderen Verbindungsseite hin. Als zentrale Schalter findet man noch die bereits begründete Abwurftaste, bequem erreichbar und gegen unbeabsichtigte Betätigung durch einen bis in die Tischebene versenkten Einbau geschützt, untergebracht. Diese Taste hat noch eine wichtige Aufgabe zu erfüllen. Betätigt man sie im Abfragezustand eines Anrufes, so wird dieser auf eine bestimmte andere Platzgattung abgeworfen, also dahin umgelegt. Zur Übergabe von Anrufen

Bild 9. Bedienungsfeld eines Meldefernplatzes im Wählerfernamt

Meldefernplatz-Bedienungsfeld:

Bl	Belegtlampe (grün)	Abfr	Abfragetaste (schwarz-weiß)	Ausl	Auslösetaste (weiß)
La	Lampe Abfrageseite (weiß)	Mh	Mithörtaste (schwarz)	Ruf	Ruftaste (Nachruf) (rot)
Lv	Lampe Verbindungsseite (weiß)	Spei	Speichertaste (weiß)	DAbfr	Dienstabfragetaste (schwarz)
DAL	Dienstanruflampe (weiß)	Ra	Richtungstaste (Abfrageseite)	Sp	Sperrtaste (rot)
ZL	Zahlengeberlampe (blau)	Rv	Richtungstaste (Verbindungsseite)	PlU	Platzumschaltetaste (schwarz)
BesL	Besetztlampe	Durch	Durchschaltetaste	I	Irrungstaste (weiß)
		Um	Umlege- u. Abwurftaste (braun)	Fl	Fernleitungstaste (weiß)

an Sonderplätze bietet diese Möglichkeit vorteilhafte Lösungen für mancherlei Betriebsfälle. Erwähnt seien noch das Dienstanruforgan und eine Sperrtaste, mit der man den Eingang von Anrufen verhindern kann. Dieses ist dann nötig und auch nur dann erlaubt, wenn der Platz im Speicherbetrieb verwendet wird. Die Steuermittel und Signallampen sind, wie gewohnt, für jedes Verbindungssystem hintereinander gereiht. Die Schlußlampe der Eingangsrichtung dient zugleich als Anruflampe. Um die jeweils benutzten Verbindungssätze zu kennzeichnen, muß als drittes Anzeigeorgan eine Belegtlampe vorgesehen werden. Die hier noch eingebaute Speichertaste wird dann eingeschaltet, wenn beim Auslösen eines Verbindungsaufbaues die eigene Fernleitung nicht freigeschaltet werden soll (Teilauslösung).

Eine bedeutsame Vervollkommnung der Arbeitsplätze läßt sich erreichen, wenn an Stelle der bisher verwendeten Kellogschalter eine

reine Tastensteuerung geschaffen wird; sie läßt sich leichter handhaben, ermöglicht durch eine besondere Schalttechnik eine wesentliche Minderung der Bedienungsgriffe und schließt Fehlschaltungen fast völlig aus.

Als Arbeitsplätze für Wählerfernämter dienen Ferntische, auf denen alle genannten Bedienungsmittel und außerdem nötige Zusatzeinrichtungen, wie Zettelrohrpostsender und -empfänger, Gesprächszeitmesser, Platzuhr und Leitbehelfe untergebracht werden können. Die Tischplatte wird zweckmäßig um wenige Grade geneigt. Um der Arbeitsfläche nach vorn hin einen schirmenden Abschluß zu geben, läßt man einen niedrigen Tischaufsatz zu. Er bietet Raum für die Gesprächszeitmesser, die verschiedenen Anzeigeeinrichtungen, Ablagefächer usw., so daß die Tischplatte fast ganz zur Aufnahme der eigentlichen Signale und Steuermittel zur Verfügung steht. Die Breite des Arbeitsplatzes muß für die Ferntische der Wählerfernämter nach anderen Gesichtspunkten festgelegt werden wie bei Fernschränken. Bei diesen setzt die notwendige Reichweite im Vielfachfeld und der Gesamtaufbau dem Konstrukteur enge Grenzen. Die eingeführte Arbeitsplatzbreite von 660 mm Tischbreite sollte überhaupt nicht unterschritten werden, wenn man ein erträgliches Nebeneinanderarbeiten der Beamtinnen sicherstellen will. Die gegenüber den bisher angewandten Handvermittlungstechniken in hohem Maße verfeinerten und daher auch kostspieligeren Einrichtungen des Wählerfernamtes erfordern aber eine Ausgestaltung der Bedienungsplätze, die die Leistungsfähigkeit und das Arbeitsvermögen der Beamtinnen in keiner Weise beeinträchtigt. Nur dann kann das angestrebte hohe Leistungsmaß an solchen Plätzen erreicht und ohne Überbeanspruchung der Arbeitskräfte auch gehalten werden. Hierzu gehört eine so gefällige Lage der Bedienungsmittel und Signale, daß die Handgriffe mit einem geringsten Maß an Ermüdung flüssig vor sich gehen können und das gewünschte hohe Reaktionsvermögen der Bedienung durch eine klare Übersichtlichkeit gestützt wird. Zum anderen soll der Arbeitsplatz der Beamtin soviel Bewegungsfreiheit erlauben, daß sie sich während ihrer angestrengten Tätigkeit nicht durch eine übersteigerte Rücksichtnahme gegenüber ihren Nachbarinnen eingeengt fühlt oder von diesen gestört wird. Die aus diesen Überlegungen folgenden arbeitsmäßigen Voraussetzungen können bei einer Platzbreite von mindestens 750 mm als erfüllt angesehen werden. Dieses Maß wird der Konstruktion zweiplätziger Arbeitstische zugrunde gelegt. Der notwendige Raummehrbedarf ist tragbar und wird durch den betrieblichen Erfolg gerechtfertigt.

Die neue Form der Arbeitsplätze verändert das gewohnte Bild der Fernsäle grundlegend. Während die Fernschränke immer in Längsreihen aufgestellt werden mußten, werden die Ferntische der Wählerfernämter in kurzen, aufeinanderfolgenden Querreihen den Saal füllen. Man spricht von Schulbankaufstellung oder kann den Gesamteindruck auch mit dem großer Bürosäle vergleichen. Das Hervorstechende eines solchen modernen Fernsaales ist in jedem Falle die wohltuende, unge-

störte Einheit des Raumes; dem Aufsichtsführenden erleichtert die ungeminderte Übersichtlichkeit ganz wesentlich die Leitung des Gesamtbetriebes auch in großen Anlagen.

V. Hilfseinrichtungen für die Betriebslenkung

Die eigentlichen Betriebsmittel vermitteln dem Aufsichtsbeamten nur einen ungenügenden Eindruck von der jeweiligen Betriebslage; auch die jeweils herrschende Tendenz des Verkehrs, ferner die Tätigkeit des gesamten Personals oder einzelner Gruppen bleibt wesentlich verdeckter als in Schrankämtern. An sich sind diese Erscheinungen zum Teil technisch bedingt, aber auch unmittelbare Kennzeichen von Einrichtungen, bei deren Ausbildung in erster Linie die vorteilhafte Bedienung als Entwicklungsziel angestrebt wurde. Der Aufsichtsführende muß aber zur Erfüllung seiner Aufgaben die einzelnen Vorgänge des Betriebsverlaufes sehr eingehend und in einfacher Weise erkennen können; ihm muß sich die betriebliche Lage in jedem Augenblick so eindeutig offenbaren, daß er seine Maßnahmen unmittelbar und sicher treffen kann. Nach vorliegenden Vorschlägen soll der Aufsichtsbeamte an seinem Platz angezeigt erhalten:

1. Die Zahl der wartenden Anrufe,
2. die Wartezeit des am längsten wartenden Anrufes,
3. den betrieblichen Leistungsfaktor,
4. die Zahl der eingesetzten Beamtinnen je Platzgattung und die Platzbesetzung,
5. Fehlhandlungen.

Die Zahl der wartenden Anrufe und die Wartezeit werden direkt aus dem Wartefeld übertragen. Für die Leistungsanzeige der Beamtinnen (Leistungsfaktor α) wird das Verhältnis aus der Zahl der Plätze, an denen gerade Vermittlungs- oder Kontrolltätigkeit geleistet wird, zu der Zahl der besetzten Plätze meßtechnisch erfaßt. Der Zusammenhang zwischen den Anzeigen läßt sich für den praktischen Gebrauch in Schaubildern darstellen; damit wird die Schlußfolgerung sehr erleichtert.

In technischer Hinsicht ist die Entwicklung der Wählerfernämter in jeder Weise Neuland. Die Automatisierung des Fernnetzes bedingt diese besonderen Lösungen für die verbleibende Handvermittlung, und ihr Einsatz in der geschilderten neuen Form hat auch nur dort seine Berechtigung, wo die Voraussetzungen, also die Umstellung des Fernbetriebes auf den Wählverkehr, schon im Gange ist.

W. Zerbel

Die Kabelübertragungstechnik im deutschen Fernmeldenetz

A. Das deutsche Fernmeldenetz

I. Aufbau

Das deutsche Fernmeldenetz besteht in der Hauptsache aus Fernsprechverbindungen. Telegraphenleitungen, deren Zahl wesentlich kleiner ist, werden im allgemeinen als WT-Leitungen auf Fernsprechverbindungen, nur für kürzere Entfernungen als UT- oder AT-Leitungen geschaltet. Bei der elektrischen Planung des Fernsprechnetzes muß daher auf die besonderen Anforderungen beim Einsatz von WT-Linien Rücksicht genommen werden. Rundfunk-, Drahtfunk- und Fernsehleitungen stellen zwar, vor allem bezüglich Frequenzband, Störfreiheit usw., höhere Ansprüche als Fernsprechleitungen, sind ihrer Zahl nach aber sehr gering.

Als Übertragungswege im Fernmeldenetz dienen für die kontinentalen Verbindungen allgemein Drahtleitungen, für die Verbindung mit Übersee Funklinien. Neuerdings werden auch Funklinien mit kürzeren Wellen, vor allem UKW- und Dezimeter-Richtfunkverbindungen, zur Schaffung von Übertragungswegen auf geringeren Entfernungen verwendet. Es muß Aufgabe einer Netzplanung sein, die verschiedenen

Lösungsmöglichkeiten nach wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten zweckmäßig einzusetzen.

Für die Beurteilung ist es notwendig, sich ein Bild zu machen, welche Leitungsbündel erforderlich, welche Entfernungen zu überbrücken und welche elektrischen Bedingungen zu stellen sind. Der grundsätzliche Aufbau des deutschen Fernsprechnetzes ist in Bild 1 dargestellt. Man unterscheidet zwischen dem Ortsnetz, der Netzgruppe und dem Fernleitungsnetz. Aus Bild 2 ist die Dämpfungsverteilung nach der bisherigen und nach der im Jahre 1949 mit Rücksicht auf die Ausdeh-

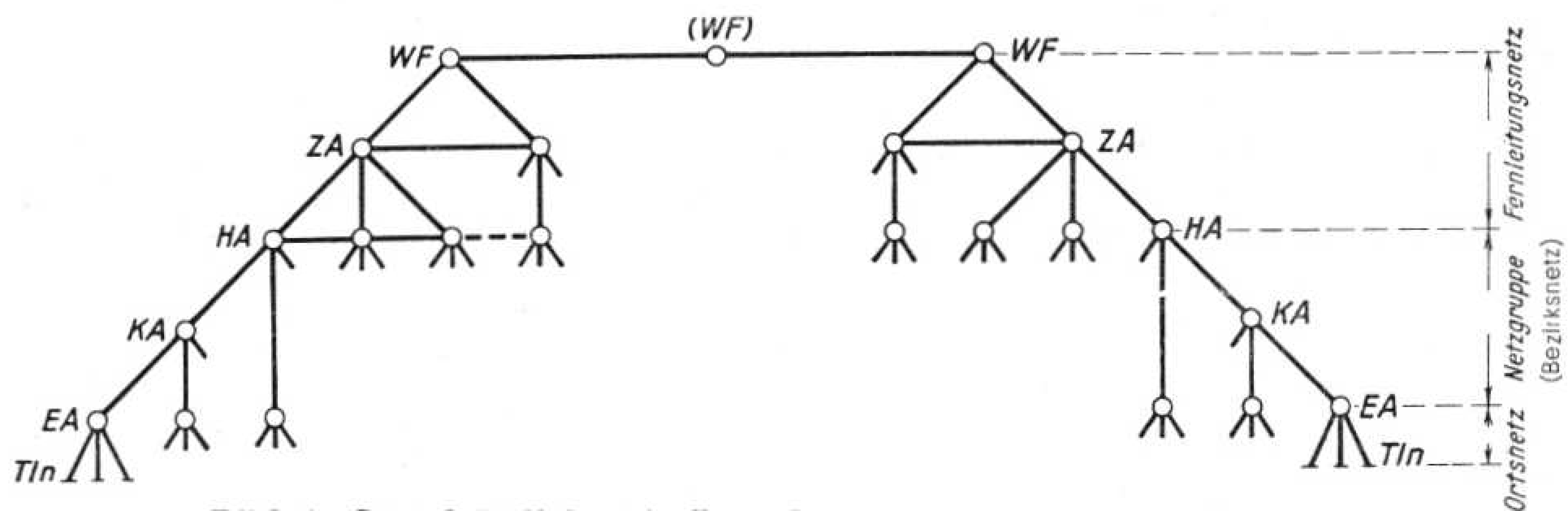
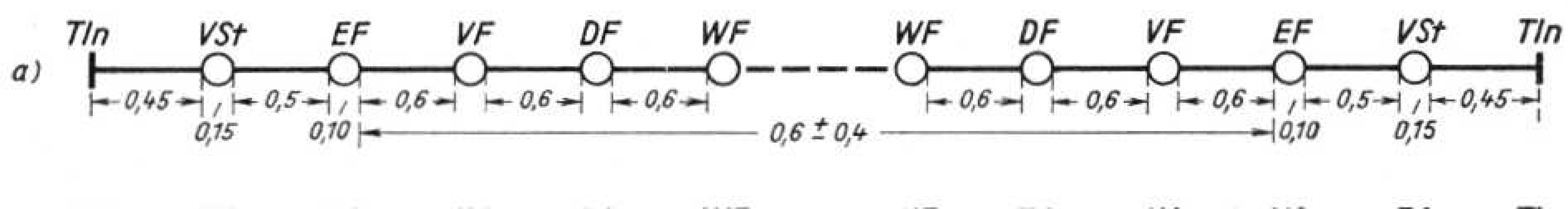


Bild 1. Grundsätzlicher Aufbau des deutschen Fernsprechnetzes



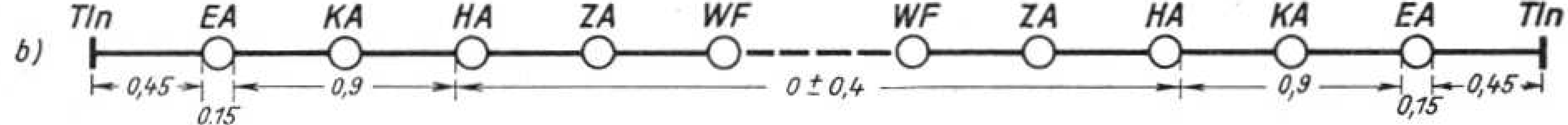


Bild 2. Dämpfungsverteilung im deutschen Fernsprechnetz
a) bisherige b) neue Netzplanung

Tln	Teilnehmer	WF	Weltfernamt
VSt	Vermittlungsstelle	EA	Endamt
EF	Endfernamt	KA	Knotenamt
VF	Verteilfernamt	HA	Hauptamt
DF	Durchgangsfernamt	ZA	Zentralamt

nung des Selbstwählferndienstes eingeführten neuen Netzplanung ersichtlich, die eine Vergrößerung des Bereiches der Netzgruppe vorsieht. Die N e t z g r u p p e ist sternförmig aus Zweidrahtleitungen ohne Zwischenverstärker aufgebaut, nur in besonderen Fällen ist der Einsatz von Endverstärkern im Hauptamt zur Herabsetzung der Dämpfung von Netzgruppenleitungen vorgesehen. Der Radius einer Netzgruppe ist rd. 60 km; die Länge der Leitungen zwischen Hauptamt - Knotenamt bzw. -Endamt kann unter Berücksichtigung der Leitungsführung zwischen 10 und 75 km betragen. Das F e r n l e i t u n g s n e t z enthält in Deutschland 7 Zentralämter (ZÄ), die je nach ihrer örtlichen Lage

im Netz zugleich auch Weltfernämter (WF) sein können, und 62 Hauptämter (HÄ); es ist weitgehend vermascht. Sämtliche ZÄ sind untereinander und mit ihren zugeordneten HÄ durch starke Leitungsbündel verbunden. Außerdem bestehen aber auch zahlreiche Querverbindungen zwischen den HÄ eines ZA-Bereiches und mit HÄ bzw. ZÄ anderer ZA-Bereiche, wenn der Verkehrsumfang die Schaltung besonderer Leitungsbündel rechtfertigt. Der Radius eines ZA-Bereiches ist rd. 120 km; die Länge der Leitungsbündel zwischen ZÄ — HÄ beträgt daher rd. 60 ... 140 km, zwischen den ZÄ rd. 120 ... > 1000 km. Das Weitverkehrsnetz soll grundsätzlich aus Vierdrahtleitungen bestehen, die in den HÄ, ZÄ und WF verstärkt und praktisch reflexionsfrei miteinander verbunden werden, so daß die Fernleitungskette eine Durchgangsdämpfung von 0 N mit zulässigen Schwankungen von ± 0,4 N hat. Die Zusammenschaltung der Fernleitungen geschieht z. Zt. noch über Fernschränke 36; bei der Landesfernwahl ist vierdrähtige Verbindung vorgesehen. Die in den Ausläufern des Fernleitungsnetzes noch vorhandenen Zweidrahtleitungen sollen im weiteren Ausbau auf Vierdrahtleitungen umgestellt werden, so daß später nur noch für Endverkehr Zweidrahtfernleitungen vorhanden sein werden. Für die elektrische Planung des Fernsprechnetzes bestehen eingehende Empfehlungen des CCIF, vor allem bezüglich der zulässigen Geräuschspannung, der Restdämpfung, Restdämpfungsverzerrung, Laufzeit und Laufzeitverzerrung. Die Höchstwerte für die einzelnen Abschnitte des Netzes sind unter Berücksichtigung vor allem wirtschaftlicher Gesichtspunkte so gewählt worden, daß für die Gesamtverbindung zwischen zwei Teilnehmern in jedem Fall eine ausreichende Sprechverständigung gewährleistet ist. Besonders hohe Anforderungen werden dabei an die Fernleitungen, vor allem die Weitverkehrsleitungen, gestellt, bei denen vom CCIF im europäischen Weitverkehrsnetz außer einer großen Übertragungsgüte vor allem hohe Übertragungsgeschwindigkeit gefordert wird, damit eine genügende Laufzeitreserve für interkontinentale Verbindungen bleibt.

II. Stärke der Leitungsbündel

Nach den Erfahrungen, die bei der Entwicklung des Fernsprechverkehrs in Deutschland und im Ausland gemacht wurden, kann man bei der Berechnung der Stärke der verschiedenen Leitungsbündel davon ausgehen, daß die Zahl der Leitungen sich in 10 Jahren etwa verdoppelt. Für Deutschland ist dabei noch zu berücksichtigen, daß der während der Kriegs- und Nachkriegszeit angestaute Bedarf ein starkes Anwachsen für die nächste Zeit erwarten läßt und daß bei dem geplanten Ausbau der Landesfernwahl mit einer weiteren Verkehrssteigerung zu rechnen ist. Nach den bisherigen Erfahrungen kann man ferner für die Leitungsbemessung beim Übergang vom Wartezeit- zum Sofortverkehr mit einem Faktor von rd. 1,75 für Weitverkehr und von rd. 2,2 für Netzgruppenverkehr rechnen.

Für das deutsche Fernsprechnetz ergeben sich dann Bündelstärken von durchschnittlich 13 Leitungen in der Netzgruppe [1], deren Zahl aber zwischen 5 Leitungen in ländlichen und 300 Leitungen in Industrie-Gebieten betragen kann. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Fernleitungsnetz, wo Bündelstärken von 6 bis über 300 Leitungen zwischen HÄ und ZÄ erforderlich werden. Daß diese Zahlen nicht zu hoch liegen und der allgemeinen Entwicklung des Fernsprechverkehrs entsprechen, zeigt ein Vergleich mit den Leitungszahlen, die bei der Planung des europäischen Fernsprechnetzes (CCIF Florenz 1951) zwischen den einzelnen Verwaltungen für den Ausbau in den Jahren 1952/54 festgelegt wurden. Hier sind u. a. folgende Leitungsbündel vorgesehen:

Deutschland — Österreich	60 Leitungen
Deutschland — Belgien	120 Leitungen
Deutschland — Dänemark	60 Leitungen
Deutschland — Frankreich	180 Leitungen
Deutschland — Italien	48 Leitungen
Deutschland — Holland	250 Leitungen
Deutschland — England	100 Leitungen
Deutschland — Schweiz	180 Leitungen
Frankreich — Belgien	288 Leitungen
Frankreich — Italien	84 Leitungen
Frankreich — Holland	84 Leitungen
Frankreich — England	200 Leitungen
Frankreich — Schweiz	204 Leitungen
Holland — Belgien	271 Leitungen
Holland — England	96 Leitungen
Holland — Schweiz	48 Leitungen

Zur Deckung dieses Leitungsbedarfs muß das deutsche Fernsprechnetz sowohl in der Netzgruppen- wie in der Fernleitungsebene erweitert werden, da das vorhandene Netz z. Zt. schon fast vollbeschaltet ist. Bei diesem Ausbau ist zu berücksichtigen, daß eine Umgliederung in einem Teil des Fernleitungs- und Bezirksnetzes dadurch notwendig wird, daß bei der Umstellung auf die neue Netzplanung die Zahl der HÄ gegenüber der Zahl der früheren Verteil-Fernämter vergrößert werden muß. Eine Neuplanung ist im Fernleitungsnetz auch deshalb erforderlich, weil sich nach dem Kriege Umfang und Richtung des Fernsprechverkehrs durch das Entstehen neuer Verkehrsknotenpunkte im Westen zum Teil grundsätzlich geändert haben und weil das Nf-Kabelnetz auch in übertragungstechnischer Hinsicht den Forderungen eines Weitverkehrsnetzes nicht mehr voll entspricht.

Bei der Leitungsführung der Netzgruppe ergeben sich im allgemeinen Leitungsstränge, die strahlenförmig vom HA ausgehen, deren Leitungszahlen — abgesehen von einigen Linien im Industriegebiet — verhältnismäßig klein bleiben und deren Entfernungen gering sind. Im Fernleitungsnetz dagegen verläuft infolge der Vermaschung meistens eine Vielzahl verschieden starker und langer Leitungsbündel auf

der gleichen Trasse. Hier sind außer den innerdeutschen Leitungen auch die Leitungen nach dem Ausland sowie die internationalen Leitungen zu berücksichtigen, die Deutschland wegen seiner zentralen Lage im Herzen Europas als Durchgangsland durchlaufen. Die Zahl der hier erforderlichen Leitungen ist auf den meisten Linien größer als 1000.

Der notwendige Ausbau des Fernsprechnetzes stellt daher die Aufgabe, sowohl Linien zu schaffen, die aus einer sehr großen Zahl von Leitungen mit den hohen übertragungstechnischen Anforderungen der Fernleitungen bestehen und die eine Vielzahl von verschieden starken und unterschiedlich langen Leitungsbündeln enthalten, als auch Linien mit nur wenigen und im allgemeinen kleinen Bündeln von Netzgruppenleitungen für kurze Entfernungen zu erstellen. Welche Möglichkeiten sich hierfür durch Ausbau des Kabelnetzes wie auch durch Einsatz von Richtfunkverbindungen ergeben, soll nachstehend betrachtet werden.

B. Kabeltechnik

I. Einsatz von Tf-Systemen auf Kabelleitungen

Das deutsche Kabelnetz besteht aus Orts-, Bezirks- und Fernkabeln. Die Kabel unterscheiden sich, wie hier als bekannt vorausgesetzt werden darf, entsprechend ihrem Verwendungszweck in den verschiedenen Netzebenen sowohl in ihrem Aufbau wie in den übertragungstechnischen Anforderungen. Bemerkenswert sind bei der Kabeltechnik zwei Neuerungen: Einmal werden die niederfrequent betriebenen Doppeladern bei neuverlegten oder neubespulten Bezirks- und Fernkabeln nicht mehr, wie bisher üblich, mittelschwer (140/56 mH mit Spulenabstand 1,7 km, Nutzfrequenz 0,3 . . . 2,7 kHz), sondern bei gleichem Spulenabstand mit 80/40 mH für eine Nutzfrequenz von 0,3 . . . 3,4 kHz bespult. Hierdurch wird das Niederfrequenz-Fernsprechnetz allmählich für die Übertragung eines breiteren Frequenzbandes gemäß den Empfehlungen des CCIF umgestellt. Andererseits werden in steigendem Umfang Tf-Geräte auf Doppeladern der Fernkabel, neuerdings auch der Bezirkskabel, eingesetzt. Man erreicht damit sowohl eine wirtschaftlichere Ausnutzung der Kabeladern, als auch die Schaffung übertragungstechnisch hochwertiger Weitverkehrsleitungen sowie die Ausdehnung des Vierdrahtnetzes auf die Bezirksebene und somit auch eine Verbesserung der übertragungstechnischen Bedingungen.

Tf-Geräte wurden zunächst für Freileitungen entwickelt und fanden erst viel später Anwendung auf Kabeladern. Freileitungen sind im allgemeinen unbespult und übertragen ein sehr breites Frequenzband mit verhältnismäßig kleiner Dämpfung, das durch die Nf-Verbindungen nur zu einem geringen Teil ausgenutzt wird. Kabelleitungen dagegen wurden von vornherein zur Herabsetzung der Dämpfung bespult; die Grenzfrequenz liegt dabei so hoch, daß gerade das Nf-Band übertragen werden kann. Auch ist die Dämpfung der Kabelleitungen infolge der

geringeren Leiterquerschnitte, der hohen Betriebskapazitäten und des verwendeten Isolationsmaterials viel größer als die der Freileitungen. Tf-Linien auf Kabelleitungen müssen daher in verhältnismäßig kurzen Abständen Zwischenverstärker erhalten. Die Übertragungseigenschaften der Freileitungen hängen aber stark von den Witterungseinflüssen ab, die Verwendung höherer Frequenzbereiche stellt große Anforderungen an die Bauausführung der Freileitungslinien und es lassen sich wegen der Schwierigkeiten bei der Entkopplung der Leitungen nur wenige solcher Tf-Systeme auf einer Linie einsetzen. Im Gegensatz dazu können die Übertragungseigenschaften von Kabelleitungen als konstant angesehen werden und die Entkopplung einer ausreichenden Zahl von Doppeladern eines Kabels ist durch Fabrikations- und zusätzliche Ausgleichsmaßnahmen zu erreichen.

Die ersten Tf-Systeme auf Kabelleitungen wurden im Jahre 1930 eingeführt, als man für Weitverkehrsleitungen zur Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit eine leichtere Bespulung einführen mußte. Die „L"-Leitung (Grenzfrequenz 7470 Hz) ließ den Einsatz eines Tf-Systems mit einem zusätzlichen Kanal (L-System) zu. Bespulte Tf-Leitungen mit einem noch breiteren Frequenzband, die sehr leicht bespulten „S"-Leitungen (Grenzfrequenz 20 kHz, Tf-Geräte mit 3 zusätzlichen Kanälen) sind in Deutschland nicht eingeführt worden, weil man in der Zwischenzeit (1936) dazu überging, Tf-Leitungen vollkommen unbespult zu lassen und mit 12 Kanälen in einem Frequenzbereich von 12 . . . 60 kHz auszunutzen (U-System) [2]. Wegen der mit der Frequenz wachsenden Schwierigkeiten beim Ausgleich der Doppeladern wurden als höchste Nutzfrequenz 60 kHz gewählt. In dem Bestreben, größere Verstärkerfelder zu erhalten, wurden während des Krieges für U-Leitungen zur Herabsetzung der Dämpfung für die höheren Frequenzbereiche zum Teil Styroflex-Isolation angewandt und die Leitungen in kurzen Abständen für ein Nutzfrequenzband bis 60 kHz bespult. Diese „K"-Bespulung ist aber nach dem Kriege zugunsten der unbespulten Leitungen wieder aufgegeben worden. Die Erfahrungen mit „U"-Leitungen hatten in der Zwischenzeit bestätigt, daß der Ausgleich im Kabel auch für Frequenzen über 60 kHz noch gut zu beherrschen ist. Im Ausland ist man schon während des Krieges bzw. kurz nach ihm dazu übergegangen, Tf-Systeme mit 24 Kanälen (bis 108 kHz), 36 Kanälen (bis 156 kHz) und in Holland auch mit 48 Kanälen (bis 204 kHz) [3] einzusetzen. Versuche und Messungen, die in Deutschland nach dem Kriege angestellt wurden, zeigten, daß die vorhandenen deutschen Fernkabel mit den normalen DM-verseilten Doppeladern (Betriebskapazität 0,036 μF) bezüglich des Fernnebensprechens bis 120 kHz, neuere Tf-Kabel mit sternverseilten Doppeladern und geringerer Betriebskapazität (0,026 μF) bis 250 kHz ausgeglichen und trägerfrequent ausgenutzt werden können [4]. Als Tf-System ist hierfür in Deutschland nach dem Kriege ein 60-Kanal-System (V 60) im Frequenzbereich 12 . . . 252 kHz entwickelt worden [5]. Z. Zt. zeichnen sich Entwicklungstendenzen ab, bei der Kabelfabrikation von der Papierisolation zur Isolation

mit Schaumstoff oder Styroflex überzugehen. Wenn hierbei auch der Nebensprechausgleich bis etwa 550 kHz gelingt, könnten auf solchen Kabeln zusätzlich Tf-Systeme eingesetzt werden, die g. F. nur innerdeutsche Leitungen enthalten, bei denen die zulässige Geräuschleistung für kürzere Entfernungen als bei zwischenstaatlichen Leitungen verbraucht werden könnte.

Neben dieser Entwicklung der Tf-Technik auf symmetrischen Kabeldoppeladern lief seit 1936 auch die Entwicklung des Einsatzes von Tf-Geräten auf Koaxialleitungen. Konzentrische Leitungen, bei denen der Rückleiter zugleich als Schirm gegen äußere Beeinflussung wirkt, sind unempfindlich gegen Fremdeinflüsse und haben ein sehr breites Nutzfrequenzband. Die Grenze der Ausnutzbarkeit ist hier vor allem durch die Schwierigkeiten gegeben, die beim Bau der Zwischenverstärker und Endgeräte für so hohe, sich über viele Oktaven erstreckende Frequenzbereiche auftreten. Die ersten deutschen Koaxialkabel [6] haben ein Durchmesserverhältnis für Außen- und Innenleiter von 18 mm : 5 mm, die neueren, vom CCIF empfohlenen Koaxialleitungen einen solchen von 9,5 mm : 2,6 mm. Als Tf-Systeme sind hier Geräte für 600 Kanäle (V 600, Frequenzbereich 60 . . . 2788 kHz) und 960 Kanäle (V 960, Frequenzbereich 60 . . . 4028 kHz) mit Verstärkerabständen von 12 km bzw. 9 km vorgesehen. Das deutsche Breitbandsystem (B 200), das für 200 Kanäle entwickelt wurde und z. Zt. mit 300 Kanälen auf dem einzigen z. Zt. noch in Deutschland vorhandenen Breitbandkabel alter Ausführung zwischen Hamburg — Hannover — Frankfurt (Main) betrieben wird, soll hier nur erwähnt werden, weil bei einer Neufabrikation V 600- bzw. V 960-Geräte beschafft werden sollen.

Der Schritt von Tf-Systemen für bespulte Kabeladern mit kleiner Kanalzahl und großen Verstärkerfeldern zu Vielkanal-Tf-Systemen für unbespulte Kabeladern, die ein breites Frequenzband und infolge der mit der Frequenz zunehmenden Leitungsdämpfung auch eine sehr große Zahl von Zwischenverstärkern benötigen, war erst möglich, nachdem es gelang, Verstärker mit großer Linearität für die Übertragung breiter Frequenzbereiche zu bauen, vor allem nach Einführung der Linearisierung durch negative Rückkopplung. Zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Frequenzbandes wird bei diesen Tf-Systemen für Kabelleitungen grundsätzlich nur Einseitenbandübertragung angewandt und die einzelnen Kanäle liegen im Übertragungs-Frequenzband ohne wesentliche Frequenzlücken nebeneinander. Alle Kanäle einer Übertragungsrichtung werden zusammengefaßt und in einem Verstärker gemeinsam verstärkt. Ferner wird bei allen Vielkanal-Tf-Systemen die Trägerfrequenz, deren Energie wesentlich größer als die der Seitenbänder ist, unterdrückt, so daß die Verstärker auch bei sehr hohen Kanalzahlen nur für geringe Leistung zu bemessen sind.

Bei den Tf-Systemen unterscheidet man V- und Z-Systeme. Bei V-Systemen sind die Frequenzbänder für beide Übertragungsrichtungen gleich. Für ihren Einsatz sind zwei Doppeladern (Vierdraht-

leitungen) erforderlich. Bei Z-Systemen werden für die beiden Übertragungsrichtungen verschiedene Frequenzbänder verwendet; solche Systeme können daher auf einer Doppelader eingesetzt werden. Wegen der Schwierigkeiten, die der Nahnebensprechausgleich der Doppeladern eines Kabels mit zunehmender Frequenz bietet, lassen sich V-Systeme nur bis höchstens 30 kHz auf Doppeladern desselben Kabels einsetzen. Bei V-Systemen mit höheren Frequenzbereichen werden zwei getrennte Kabel ausgelegt und in jedem Kabel die Doppeladern nur in der gleichen Übertragungsrichtung verwendet. In den einzelnen Kabeln ist dann im wesentlichen nur der leichter zu beherrschende Fernnebensprechausgleich erforderlich, ebenso bei Z-Systemen, wenn beim Einsatz darauf geachtet wird, daß die gleichen Frequenzbänder im Kabel nur in derselben Übertragungsrichtung benutzt werden. Tf-Systeme für Koaxialleitungen sind stets V-Systeme; die Koaxialleitungen lassen sich aber ohne besondere Entkopplungsmaßnahmen im gleichen Kabel unterbringen. Leitungen, die in Tf-Systemen geschaltet sind, sind Vierdrahtleitungen. Werden die Tf-Systeme auf unbespulten Kabeladern eingesetzt, dann ist hierbei auch die Übertragungsgeschwindigkeit praktisch etwa gleich der Lichtgeschwindigkeit, weil Tf-Geräte kaum wesentliche Laufzeitverzögerungen bringen.

II. CCIF-Empfehlungen für Vielkanal-Tf-Systeme

Das CCIF hat schon sehr frühzeitig durch Herausgabe von Empfehlungen für die elektrischen Bedingungen für Kabel und Geräte, vor allem durch Festlegung eines Frequenzschemas, die Voraussetzungen dafür geschaffen, daß die Tf-Systeme der verschiedenen Länder unmittelbar zusammenarbeiten können. Das vom CCIF empfohlene Frequenzschema für Vielkanal-Tf-Systeme ist in Bild 3 gezeigt. Wie hieraus ersichtlich ist, sind stets je 12 Kanäle zu einer Gruppe und je 5 solcher Gruppen, d. h. 60 Kanäle, zu einer Übergruppe sammengefaßt. 12 Kanäle bzw. 60 Kanäle ergaben sich dabei als zweckmäßigste Zahlen, die nach den Erfahrungen der einzelnen Länder für Leitungsbündel des nationalen und des internationalen Netzes in Betracht kommen und die auch nicht zu große Frequenzbereiche für die Frequenzverlagerung ergeben. Das wirksam übertragene Frequenzband eines Kanals ist auf 300 ... 3400 Hz und der Abstand der Nullfrequenzen auf 4 kHz festgelegt, wobei als Nullfrequenz die Frequenz definiert ist, die bei Anlegen der Frequenz 0 an den Nf-Eingang des betreffenden Kanals übertragen würde. Dabei sollen die Nullfrequenzen Vielfache von 4 kHz sein. Alle Kanäle einer Gruppe sowie die einzelnen 12-Kanal-Gruppen sind in ihrer Frequenzlage unmittelbar aneinandergereiht, zwischen den Übergruppen sind geringe Frequenzlücken von 8 bzw. 12 kHz gelassen. Das CCIF empfiehlt, Vielkanal-Tf-Systeme grundsätzlich aus einer der Gruppen A oder B, den Grundgruppen, aufzubauen und für Tf-Systeme auf Koaxialleitungen die 2. Übergruppe, die Grundübergruppe, für die Verlagerung zu verwenden. Grundgruppe

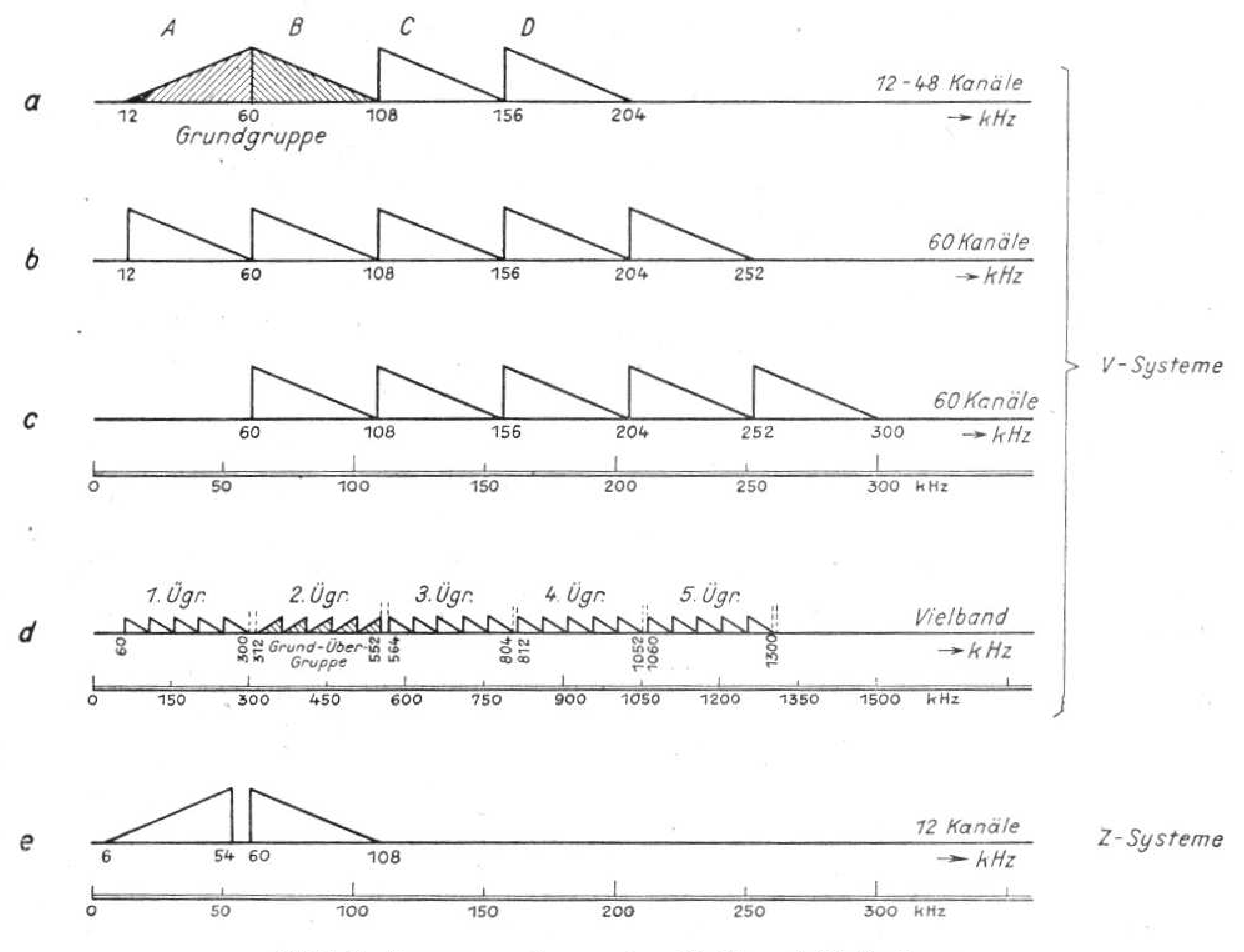


Bild 3. Frequenzschema der Vielkanal-Tf-Systeme
a) ... d) Empfehlungen des CCIF, e) vom CCIF noch nicht festgelegt

und Grundübergruppe können dann auch benutzt werden, wenn trägerfrequent von einem Trägerfrequenzsystem in ein anderes durchgeschaltet wird.

III. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Einen Überblick darüber, welche wirtschaftlichen Vorteile der Einsatz von Vielkanal-Tf-Systemen auf Kabelleitungen bringt, erhält man durch vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Bild 4 läßt erkennen, daß durch die trägerfrequente Ausnutzung eine ganz erhebliche Ersparnis an den kostbaren Rohstoffen Kupfer und Blei erzielt wird. Das auf einen Kanal von gleicher Leitungslänge bezogene Kupfergewicht ist bei Verwendung von V-60-Geräten nur 4,5 %, bei Koaxialsystemen mit V-960-Geräten sogar nur 1,6 % desjenigen einer entsprechenden Nf-Leitung. Auch die Anschaffungs- wie Betriebskosten einer Tf-Verbindung sind mit wachsender Kanalzahl immer geringer geworden. Bild 5 zeigt eine Zusammenstellung der relativen Anschaffungskosten bei Verwendung verschiedener Weitverkehrs-Tf-Systeme, und zwar bezogen auf einen Kanal und die gleiche Bündelstärke sowie die gleiche Entfernung von 250 km, die etwa der mittleren Länge der

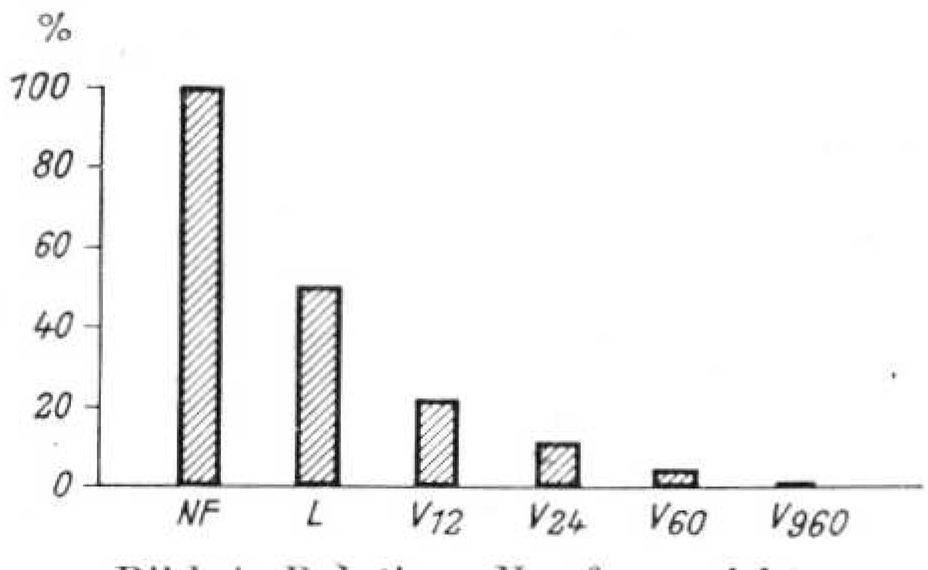


Bild 4. Relatives Kupfergewicht je Sprechkreis

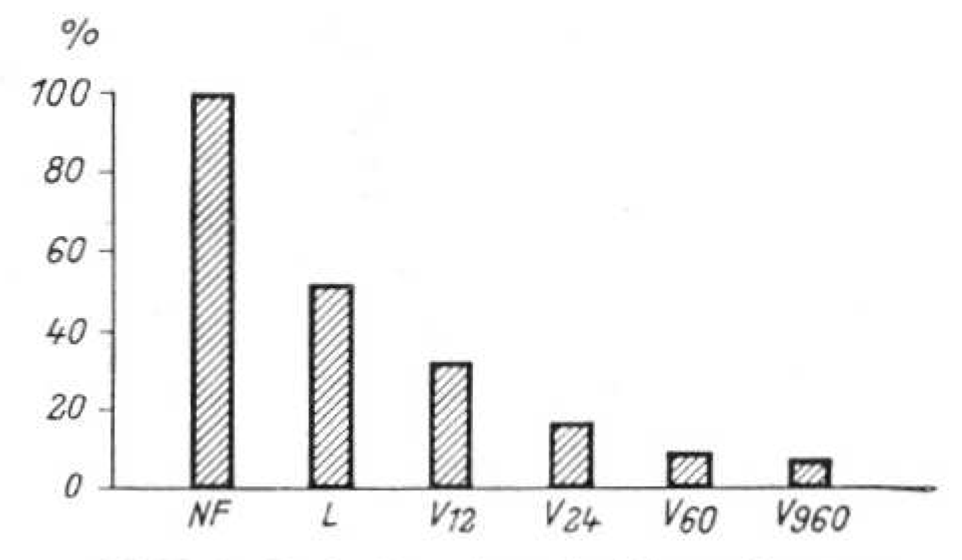


Bild 5. Relative Anschaffungskosten je Sprechkreis/km

Weitverkehrsleitungen im deutschen Fernleitungsnetz entspricht. Diese Bilder sollen nur einen allgemeinen Überblick geben; die Vergleichszahlen hängen naturgemäß sehr stark von den Voraussetzungen ab, die den Berechnungen zugrundegelegt werden, z. B. vom Kupferpreis, von den vorzusehenden Vorratsadern, die bei Koaxialkabeln mit nur einer Betriebsleitung 100 % sein können usw. Bei den Betriebskosten fallen vor allem die Personalkosten sehr stark ins Gewicht. Diese betragen z. B. beim Einsatz von Vielkanal-Tf-Systemen (V 60 bzw. V 960) in einem Endamt rd. 30 %, in einem Zwischenverstärkeramt ohne andere technische Einrichtungen rd. 30 bis 35 % der gesamten Betriebskosten [7]. Bei Vielkanal-Tf-Linien geht man daher soweit als möglich dazu über, Zwischenverstärkerämter unbemannt zu lassen und die Störungsbeseitigung sowie die regelmäßige Pflege der technischen Einrichtungen dieser Ämter benachbarten bemannten Verstärkerämtern zu übertragen. In gleicher Weise bringt auch die Fernspeisung der unbemannten Zwischenverstärkerämter über das Kabel wirtschaftliche Vorteile. Eine solche Fernspeisung ist bei Koaxialsystemen leicht durchzuführen. Bei Tf-Fernkabeln mit symmetrischen Doppeladern und Ausnutzung der Phantomleitungen für NF-Rundfunkleitungen, wie es im deutschen Tf-Fernkabelnetz vorgesehen ist, ergeben sich gewisse Schwierigkeiten. Entsprechende Versuche werden bei dem neuen deutschen Tf-Fernkabelnetz z. Zt. durchgeführt. Bei den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ist es ferner zweckmäßig, zwischen den Kosten der Endstellen und den Leitungskosten, d. h. den Kosten der Kabelleitung einschließlich der Zwischenverstärker, zu unterscheiden. Die relativen Leitungskosten, bezogen auf einen Kanal und 1 km, nehmen mit wachsender Kanalzahl trotz der bei höheren Frequenzen erforderlichen größeren Zahl von Zwischenverstärkern ab, während die Betriebskosten der Endstelle bei Vielkanal-Tf-Systemen etwa gleich bleiben. Bei großen Entfernungen sind die Leitungskosten bestimmend, bei kürzeren Entfernungen überwiegen dagegen die Endamtskosten, wobei bei Koaxialsystemen noch die anteiligen Kosten für die Übergruppenumsetzung hinzukommen. Allgemein kann man sagen: Die derzeitigen Weitverkehrs-Tf-Systeme sind für Entfernungen von etwa 75 km an wirtschaftlicher als entsprechende Nf-Leitungen. Tf-Systeme auf Koaxialleitungen

bringen für die Schaffung sehr großer Leitungsbündel auf sehr großen Entfernungen ohne Unterwegsverteilung Vorteile, während Tf-Systeme auf symmetrischen Leitungen dort zweckmäßiger sind, wo eine Vielzahl von kleinen Leitungsbündeln verschiedener Längen auf einer Kabellinie benötigt werden. Sollen Tf-Systeme auch für die kurzen Entfernungen der Netzgruppenleitungen verwendet werden, dann müssen die Gerätkosten solcher Systeme entsprechend geringer sein. Für die Entwicklung des neuen deutschen Netzgruppen-Tf-Systems wurde daher die Forderung gestellt, daß die relativen Kanalkosten hier höchstens halb so hoch wie bei Weitverkehrssystemen sein dürfen.

IV. Das deutsche Tf-Kabelnetz

Nach den Beschlüssen des CCIF (Montreux 1946, Paris 1949) soll das europäische Weitverkehrsnetz aus übertragungstechnisch hochwertigen Leitungen mit sehr großer Übertragungsgeschwindigkeit bestehen. Ein solches Netz mit den erforderlichen großen Leitungsbündeln läßt sich — als Drahtnetz — in wirtschaftlicher Form nur durch großzügigen Einsatz von Vielkanal-Tf-Systemen auf unbespulten Kabeladern aufbauen. In allen Ländern wird daher z. Zt. am Ausbau eines solchen Tf-Netzes gearbeitet. Auch in Deutschland soll bei der Durchführung der oben erwähnten notwendigen Erweiterung und Umgestaltung des Fernleitungsnetzes ein leistungsfähiges Vielkanal-Tf-Netz für den Weitverkehr geschaffen werden.

Doppeladern vorhandener Fernkabel hierfür zu entspulen und trägerfrequent zu betreiben, erwies sich für das deutsche Netz als unzweckmäßig. Einmal lassen sich die vorhandenen Fernkabel mit der normalen DM-verseilten Doppelader im allgemeinen nur bis 120 kHz ausnutzen, andererseits sind nur auf sehr wenigen Strecken zwei geeignete parallel geführte Fernkabel vorhanden, so daß für den Einsatz von V-Systemen ein zweites Kabel verlegt oder Z-Systeme verwendet werden müssen, die aber aus ähnlichen Gründen wie Zweidrahtleitungen für größere Entfernungen ungeeignet sind. Die DBP entschloß sich daher, ein besonderes Tf-Fernkabelnetz durch Auslegen neuer, reiner Tf-Fernkabel zu schaffen und die hierdurch entlasteten bisherigen Fernkabel weitgehend für Leitungen der Bezirksebene zur Verfügung zu stellen. Eingehende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen über die zweckmäßigste Wahl eines solchen Tf-Fernkabelnetzes [7] ergaben, daß für das deutsche Netz mit seinen vielen Verkehrsknotenpunkten, die zum Teil noch nahe beieinander liegen, Koaxialsysteme keine wirtschaftlichen Vorteile gegenüber Tf-Systemen V 60 auf symmetrischen Adern bringen. Vom betrieblichen Standpunkt aus bietet aber ein Netz mit Tf-Systemen V 60, bei denen sich noch kleinere Leitungsbündel leicht bilden und trägerfrequent zwischen den einzelnen Tf-Systemen schalten lassen, wegen seiner großen Beweglichkeit und leichten Anpassung an das Verkehrsbedürfnis große Vorteile für die Netzgestaltung. Das deutsche Tf-Fernkabelnetz wird daher aus je zwei parallel

verlaufenden 24-paarigen symmetrischen Tf-Kabeln aufgebaut. Bei Einsatz von Tf-Systemen V 60 ergeben sich somit 1440 Verbindungen je Doppelkabel in Bündeln von je 60 Kanälen, die in 12-Kanal-Bündel weiter unterteilt werden können. Dieses Netz kann g. F. später auf bestimmten Linien durch ein Koaxial-Kabelnetz ergänzt werden.

Als Tf-Fernkabel [4] werden niedrigpaarige Kabel ausgelegt, um die Zahl der auszugleichenden Kopplungen gering zu halten. Die Leitungen sind sternviererverseilte 1,2 mm Kupferadern mit einer Betriebskapazität von 0,026 μ F/km, die sich als Tf-Leitung bewährt haben. Wo Weitverkehrsleitungen zu Verkehrsknotenpunkten geschaffen werden müssen, die nicht vom neuen Tf-Fernkabelnetz unmittelbar berührt werden, ist die Entspulung von 1,2 mm- bzw. 1,4 mm-Doppeladern vorhandener Fernkabel und der Einsatz von Systemen Z 12 K (Frequenzband 6 . . . 54, 60 . . . 108 kHz) geplant. Wenn auf solchen Strecken mehrere vorhandene Fernkabel auf der gleichen Trasse verlaufen, können auch Systeme V 60 mit geringerer Kanalzahl (12, 24, 36, 48 Kanäle mit einem Frequenzband bis 60, 108, 156 oder 204 kHz) verwendet werden. Die Auswahl richtet sich hier nach dem Verkehrsbedürfnis und der Möglichkeit, die verwendeten Doppeladern für diese Frequenzbereiche ausreichend zu entkoppeln. Außer diesen Tf-Systemen V 60 und Z 12 K, g. F. auch später V 600 bzw. V 960 für das Weitverkehrsnetz, ist in Deutschland noch der Einsatz eines entsprechend billigeren Tf-Systems Z 6 N für Netzgruppenleitungen vorgesehen, das auf unbespulten bzw. entspulten Doppeladern von Bezirkskabeln eingesetzt werden soll und das als Z-System bei 8 kHz Trägerabstand 6 Kanäle im Frequenzbereich 6 . . . 50, 64 . . . 108 kHz zu schalten erlaubt. Dieses System kann g. F. auch für reine Endfernleitungen verwendet werden, bei denen vor allem bezüglich der Geräuschspannung größere Werte zugelassen werden können als bei den Weitverkehrsleitungen des Durchgangsverkehrs.

Rundfunkleitungen sollen in Deutschland grundsätzlich niederfrequenzmäßig geschaltet werden, sei es auf den hierfür vorgesehenen besonders geschirmten und bespulten Rundfunkpaaren der vorhandenen Fernkabel, sei es als Phantomleitungen der neuen Tf-Fernkabel. Fernsehleitungen im Kabelnetz können nach dem derzeitigen Stand der Technik nur als Koaxialleitungen geschaffen werden, die zur besseren Wirtschaftlichkeit in Fernkabeln mitzuführen sind.

V. Die deutschen Weitverkehrs-Tf-Systeme

a) Elektrische Anforderungen an die Tf-Geräte und Tf-Leitungen

Aus den übertragungstechnischen Anforderungen, die an die Leitungen der verschiedenen Netzebenen gestellt werden, ergeben sich die elektrischen Bedingungen für die Tf-Leitungen und -Geräte [8]. Nachstehend sollen diese Forderungen für die Weitverkehrssysteme am Beispiel des Tf-Systems V 60 erörtert werden. Diese Betrachtungen gelten

sinngemäß auch für andere Tf- oder Übertragungssysteme wie z. B. Richtfunkverbindungen.

1. *Geräusch*

Die Hauptbestimmungsgröße für die elektrischen Eigenschaften einer Tf-Linie und damit für die Festlegung der elektrischen Bedingungen für die Tf-Geräte und die Tf-Leitungen ist die gerade noch zulässige Störspannung [9]. Die übrigen übertragungstechnischen Eigenschaften, wie z. B. Laufzeit, Laufzeitverzerrung, Dämpfungsverzerrung, spielen hier im Gegensatz zur Pupin-Leitung kaum eine Rolle. Nach einer Empfehlung des CCIF gilt allgemein zwischen zwei Endfernämtern einer internationalen Verbindung eine Geräusch-EMK von 5 mV am relativen Pegel — 0,8 N als noch zulässig. Dies entspricht einer Geräuschspannung von rd. 5,5 mV am relativen Pegel 0 N (600 Ohm), d. h. einem Geräuschabstand von rd. 5 N. Für Tf-Leitungen, die den wesentlichen Teil des europäischen Weitverkehrsnetzes bilden werden, sind vom CCIF noch entsprechend höhere Forderungen gestellt worden, und zwar soll die Geräusch-EMK einer 2500 km langen Tf-Leitung 2 mV am relativen Pegel — 0,8 N, die Geräuschspannung also rd. 2,2 mV am relativen Pegel 0 N (600 Ohm) nicht übersteigen, was einem Geräuschabstand von $>$ 6 N oder einer Geräuschleistung von $<$ 8000 pW entspricht. Bei den Empfehlungen des CCIF (Florenz 1951) geht man heute nun dazu über, statt der Störspannungen die Störleistungen am relativen Pegel 0 N festzulegen. Die Gesamtstörleistung einer Verbindung ergibt sich dann durch Addition der Störleistungen der einzelnen Teile der Verbindung. Bei einer Tf-Leitung ist die Gesamtstörleistung gleich der Summe der in den Geräten der Endstellen, in den Tf-Zwischenverstärkern und Leitungsabschnitten sowie in den noch zwischengeschalteten Gruppenumsetzern bei trägerfrequenter Durchschaltung vorhandenen Störleistungen. Für eine Tf-Leitung, die in Tf-Systemen auf Koaxialleitungen geschaltet ist, hat das CCIF das in Bild 6 dargestellte Bezugsschema aufgestellt, bei dem in einer 2500 km langen Tf-Leitung 6 Kanalumsetzungen, 12 Gruppenumsetzungen und



Bild 6. Bezugsschema einer Tf-Leitung

18 Übergruppenumsetzungen vorhanden sind; analog kann man auch für eine Tf-Leitung von 2500 km Länge, die in Tf-Systemen auf symmetrischen Kabeladern geführt ist, eine Zusammensetzung aus 3 Abschnitten mit Demodulation bis zur Niederfrequenz und einigen zusätzlichen Gruppenumsetzungen annehmen. Die Gesamtstörleistung einer solchen Tf-Leitung am relativen Pegel 0 N (600 Ohm) soll während 99 % der Zeit in der Hauptverkehrsstunde 10 000 pW nicht übersteigen.

Dieser unter Berücksichtigung der statistischen Verteilung festgelegte Wert stimmt mit der bisherigen Empfehlung von 2 mV Geräuschspannung am relativen Pegel 0 N gut überein. Das CCIF empfiehlt, diese Störleistung zu 7500 pW auf die Leitung einschließlich Zwischenverstärker und zu 2500 pW auf die Modulationseinrichtungen usw. aufzuteilen.

a) *Tf-Leitung einschließlich Verstärker*

Für die Tf-Leitung einschließlich der Zwischenverstärker ergibt sich bei der oben genannten Aufteilung der Störleistungen eine zulässige Geräuschleistung von 3 p W/km. Die Geräuschursachen einer Tf-Leitung sind:

1. Grundgeräusch (Wärme- und Röhrenrauschen),
2. Klirrgeräusch (nichtlineares Nebensprechen aus dem eigenen Tf-System),
3. Nebensprechgeräusch (lineares Nebensprechen aus den übrigen Tf-Systemen des gleichen Kabels).

Man kann in guter Übereinstimmung mit den bisherigen Erfahrungen beim Bau von Tf-Systemen zugrundelegen, daß alle drei Geräuscharten etwa mit dem gleichen Anteil zum Gesamtgeräusch beitragen. Die zulässige Geräuschleistung einer Leitung für jede Geräuschart ist dann 1 pW/km am relativen Pegel 0 N (600 Ohm).

Grundgeräusch

Dieses wird im wesentlichen durch die vielen Tf-Verstärker bestimmt, die im Zuge der Leitung und als Empfangsverstärker in den Endstellen liegen; die Modulationseinrichtungen bringen keinen nennenswerten Beitrag zum Grundgeräusch. Für das Grundgeräusch ist eine untere Grenze durch das thermische Rauschen der Eingangsröhre und des Eingangskreises der Verstärker physikalisch gegeben. Da sich die Geräuschleistungen aller Verstärker addieren, muß der zusätzliche Geräuschanteil eines Verstärkers entsprechend kleiner sein, und zwar bei n Verstärkerfeldern um den Faktor $\frac{1}{2} \cdot \ln n$. Hieraus ergeben sich Beziehungen für die Festlegung des Kanalsendepegels, der Verstärkungsziffern und damit der Verstärkerfelder bei gegebener Leitungsdämpfung. Der Kanalsendepegel darf nicht zu hoch liegen, damit die Endröhre des Verstärkers bei gleichzeitigem Besprechen aller Tf-Kanäle nicht übersteuert wird, denn dann steigt das Klirrgeräusch unzulässig hoch an. Die Verstärkerröhren sollen aber aus wirtschaftlichen Gründen, vor allem auch mit Rücksicht auf eine Fernspeisung der Verstärker unbemannter Zwischenverstärkerämter, nicht zu groß gewählt werden.

Beim V 60-System sind aus diesen Überlegungen in Übereinstimmung mit entsprechenden Empfehlungen des CCIF für Tf-Systeme mit 12 und 24 Kanälen folgende Werte festgelegt worden:

relativer Kanalsendepegel . . . . + 0,5 N
überbrückbare normale Verstärkerfeldlänge . . . . 6,5 N
überbrückbare max. Verstärkerfeldlänge für rd. 20 % der Verstärkerfelder . . . . 7,0 N

Bei den Leitungen der neuen Tf-Fernkabel ergeben sich damit Verstärkerfeldlängen von 18,8 km bzw. max. 20,5 km. Wie die Messungen an der ersten Tf-Linie in guter Übereinstimmung mit den Berechnungen gezeigt haben, ist die Leistung des Grundgeräuschs einer Tf-Linie V 60 mit 20 % überlangen Feldern rd. 9 pW je Verstärkerfeld. Da etwa 20 pW zulässig sind, ist noch eine ausreichende Betriebsreserve für Alterung der Röhren usw. vorhanden. Außerdem liegt ein Teil der Entzerrung in dem Gegenkopplungskreis der Verstärker, so daß nur die Kanäle der höchsten Übertragungsfrequenzen das volle Grundgeräusch haben, während das Grundgeräusch der übrigen Kanäle, vor allem der unteren Kanäle, wesentlich kleiner ist.

Klirrgeräusch

Ursachen des Klirrgeräuschs sind Kennlinienverzerrungen infolge von nichtlinearen Kennlinien der verwendeten Verstärkerröhren und Modulatoren, Übersteuerungsverzerrungen, verursacht durch Übersteuern der Verstärkerröhren, und Eisenverzerrungen. Während das Grundgeräusch eine im wesentlichen von der Dimensionierung der Geräte und der Planung der Linie abhängige feste Größe hat, hängt das Klirrgeräusch weitgehend von der Sprechbelastung ab und wird daher besonders stark in der Hauptverkehrsstunde auftreten. Im Gegensatz zum Grundgeräusch läßt sich aber das Klirrgeräusch beim Bau der Verstärker durch fabrikatorische und schaltungstechnische Maßnahmen weitgehend beherrschen. Kennlinienverzerrungen können durch Linearisierung durch Gegenkopplung ausgeglichen, Eisenverzerrungen durch Verwendung hochwertigen Kernmaterials der Übertrager usw. in tragbaren Grenzen gehalten werden. Übersteuerungen lassen sich durch entsprechende Wahl des Kanalsendepegels praktisch vollkommen vermeiden. Bei der Festlegung der zulässigen Klirrdämpfungswerte der Verstärker ist noch zu berücksichtigen, daß die Klirrleistungen aller Verstärker einer Linie sich addieren. Ein ausreichend kleines Klirrgeräusch wird erreicht, wenn die Verstärker des V-60-Systems bei einem Ausgangspegel von + 0,5 N folgenden Bedingungen genügen: $b_{k2} \geqq 10{,}5$ N bzw. $\geqq 10{,}0$ N für Klirrfrequenzen unterhalb bzw. oberhalb 60 kHz; $b_{k3} \geqq 12$ N für alle Klirrfrequenzen.

Für die Verstärker ist außerdem in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des CCIF noch eine Aussteuerungsgrenze von + 3,2 N festgelegt, die so definiert ist, daß bei einer weiteren Erhöhung der Ausgangsleistung des Verstärkers um 0,1 N der Wert von b_{k3} um 2,3 N abnimmt. Um zu erreichen, daß der steile Abfall der Klirrdämpfung erst unmittelbar nach Erreichen der Aussteuerungsgrenze einsetzt und daß nicht schon vorher Störungen, vor allem der WT, auftreten kön-

nen, wird darüber hinaus noch gefordert, daß bei + 2,8 N die Werte von b_{k2} und b_{k3} noch $\geqq$ 7,5 N für Frequenzen unterhalb 60 kHz, $\geqq$ 7,0 N für Frequenzen oberhalb 60 kHz sind.

Nebensprechgeräusch

Das Nebensprechgeräusch der Leitung entsteht im wesentlichen durch Kopplungen der verschiedenen mit Tf-Systemen beschalteten Adern untereinander sowie durch reflektiertes Nahnebensprechen infolge ungenügender Anpassung zwischen Kabelwellenwiderstand und Verstärkereingangsscheinwiderstand. Die Nebensprechdämpfung der Amtsverdrahtung in den Verstärkerämtern sowie der Gestellverdrahtung läßt sich durch geeignete Führung und Schirmung der Leitungen so klein halten, daß dieses Nebensprechen hier vernachlässigt werden kann. Die Erreichung ausreichender Fern- und Nahnebensprechdämpfungswerte bei den Tf-Kabeln für die verwendeten hohen Frequenzbereiche erfordert allerdings große Sorgfalt bei der Fabrikation und Verlegung des Kabels und einen entsprechenden Ausgleich der Kopplungen im verlegten Kabel. Für die Fernnebensprechdämpfung bei der höchsten Übertragungsfrequenz von 252 kHz lassen sich bei den neuen Tf-Fernkabeln Werte von $\geqq$ 8,5 N für 90 % und $\geqq$ 8,2 N für die restlichen Werte bei einem Verstärkerfeld von 19 km garantieren. Zur Herabsetzung des reflektierten Nahnebensprechens wird für die Anpassung des Verstärkers ein Reflexionsfaktor von $p \leqq 0{,}15\ (1 + \frac{252 - f}{252})$ [f in kHz] gefordert. Um diese Bedingungen erfüllen zu können, müssen an die Gleichmäßigkeit der Werte des Kabels entsprechend hohe Anforderungen gestellt werden. Der frequenzabhängige Verlauf des Wellenwiderstandes des Tf-Kabels ist im gesamten Übertragungsbereich von 12 . . . 252 kHz im realen und imaginären Teil sehr genau festgelegt und für Abweichungen hiervon wird nur eine Toleranz von ± 5 % zugelassen. Mit diesen Maßnahmen läßt sich auch für die durch Nebensprechen verursachte Geräuschleistung einer Tf-Leitung ein Wert von $\leqq$ 1 pW/km am relativen Pegel 0 N (600 Ohm) einhalten.

b) *Tf-Endeinrichtungen*

Die zulässige Geräuschleistung einer entsprechend Bild 6 zusammengesetzten Tf-Leitung darf für alle Modulationseinrichtungen usw. 2500 pW betragen. Setzt man für eine Tf-Endstelle, bestehend aus Sende- und Empfangsteil, eine zulässige Geräuschleistung von 600 pW fest, d. h. für 3 Abschnitte zusammen 1800 pW, dann verbleiben noch 700 pW als Reserve für zusätzliche Umsetzerstufen. Um das Geräusch einer Endstelle in diesen Grenzen zu halten, müssen auch hier gewisse Höchstwerte für die Bemessung festgelegt werden. So darf z. B. das Grundgeräusch am Ausgang eines Tf-Kanals 1 mV am relativen Pegel + 1 N (600 Ohm), d. h. 230 pW am relativen Pegel 0 N, nicht übersteigen. Der Klirrfaktor eines Tf-Kanals ist mit Rücksicht auf WT-Über-

tragungen auf $_{k2} \leqq 3\,\%$ und $_{k3} \leqq 1\,\%$ festgelegt und die Summenleistung aller Trägerreste muß 2,5 N unter dem relativen Kanalpegel liegen. Bei den Nebensprechstörungen unterscheidet man zwischen verständlichem und unverständlichem Nebensprechen. Das verständliche Nebensprechen, dessen Ursachen außer Kopplungen in der Gestell- und Amtsverdrahtung, den Verteilern usw. auch störende Modulationsprodukte infolge unzureichender Siebung der Trägerfrequenzen sind, ist ausreichend klein, wenn die Grunddämpfung bei einer Endstelle V 60 für 800 Hz $\geqq$ 7,5 N beträgt. Unverständliches Nebensprechen entsteht dadurch, daß bei der Modulation, vor allen in den Kanalfiltern, das zweite Seitenband nicht vollkommen unterdrückt wird. Da aber ein wesentlicher Teil der Gesamtkosten einer Endstelle in den Kanalfiltern steckt, darf aus wirtschaftlichen Gründen die Sperrdämpfungsforderung für diese Filter nicht zu hoch gestellt werden. Einen Geräuschbeitrag von rd. 100 pW erhält man z. B., wenn beim Messen einer Endstelle mit Schnarrsummer als Geräuschquelle im Nachbarkanal höchstens 1,3 mV, in allen übrigen Kanälen höchstens 0,5 mV am Kanalausgang auftreten. Wie die Messungen an den neuen Tf-Systemen V 60 gezeigt haben, lassen sich die oben genannten Höchstwerte für die Geräuschleistung gut einhalten.

2. *Verstärkung und Entzerrung*

Eine Tf-Leitung kann über mehrere Tf-Systeme geführt werden (s. Bild 6). Da die Abweichungen vom Sollwert für die Pegel wie auch für die Restdämpfungsverzerrungen in den einzelnen Strecken sich im ungünstigsten Falle addieren können, müssen an die einzelnen Tf-Systeme entsprechend hohe Forderungen gestellt werden. Für die Entzerrung des Tf-Bandes enthält der V-60-Verstärker [10] daher einen Entzerrer, der so gebaut ist, daß Kabeldämpfungen von 5 . . . 7 N bei der höchsten Übertragungsfrequenz mit einer Genauigkeit von $\leqq$ 0,1 N im gesamten Übertragungsbereich entsprechend der Mittelwertskurve der Stammadern des neuen Tf-Kabels bei einer mittleren Kabeltemperatur ausgeglichen werden können. Die Entzerrer sind leicht ausbaubar und können bei Verwendung von Kabeladern mit abweichendem Dämpfungsverlauf ausgewechselt werden. Zum Ausgleich noch vorhandener geringer Dämpfungsverzerrungen infolge der Toleranz der Entzerrungselemente und der Addition von geringen Entzerrungsfehlern längs der Tf-Linien ist noch ein Zusatzentzerrer vorgesehen, der wahlweise eingesetzt werden kann und der das Anheben und Absenken der Verstärkung bis zu $\pm$ 0,3 N in einem beliebig einstellbaren Frequenzbereich gestattet. Durch Verteilen solcher Zusatzentzerrer längs der Tf-Linien lassen sich dann alle Unebenheiten der Pegelkurve ausgleichen. Statt dieses Zusatzentzerrers läßt sich auch ein sogenannter Temperaturdämpfungsentzerrer einsetzen, mit dem die frequenzabhängigen Änderungen der Kabeldämpfung in Abhängigkeit von der Kabeltemperatur in Stufen von 0,05 N ausgeglichen werden

können. Eine solche Maßnahme ist notwendig, weil bei der großen Zahl von Verstärkerfeldern einer langen Tf-Leitung diese Dämpfungsänderungen recht beträchtliche Werte annehmen können. Es erscheint aber ausreichend, solche Temperaturdämpfungsentzerrer nur in bemannten Verstärkerämtern vorzusehen und von Hand entsprechend der Jahreszeit nach einem bestimmten Schlüssel einstellen zu lassen.

Die Dämpfungsverzerrungen des Nf-Bandes eines Kanals wird im wesentlichen durch die Kanalfilter, g. F. auch durch die Filter anderer Modulationsstufen bei den Randkanälen hervorgerufen. Dämpfungsverzerrungen des Tf-Bandes bringen in dem schmalen Frequenzband eines Kanals kaum nennenswerte zusätzliche Verzerrungen. Bild 7 zeigt das vom CCIF aufgestellte Toleranzschema für den Restdämpfungsverlauf einer internationalen Fernleitung mit einem wirksam übertragenen Frequenzband von 300 . . .3400 Hz. Tf-Leitungen sollen, wie vom

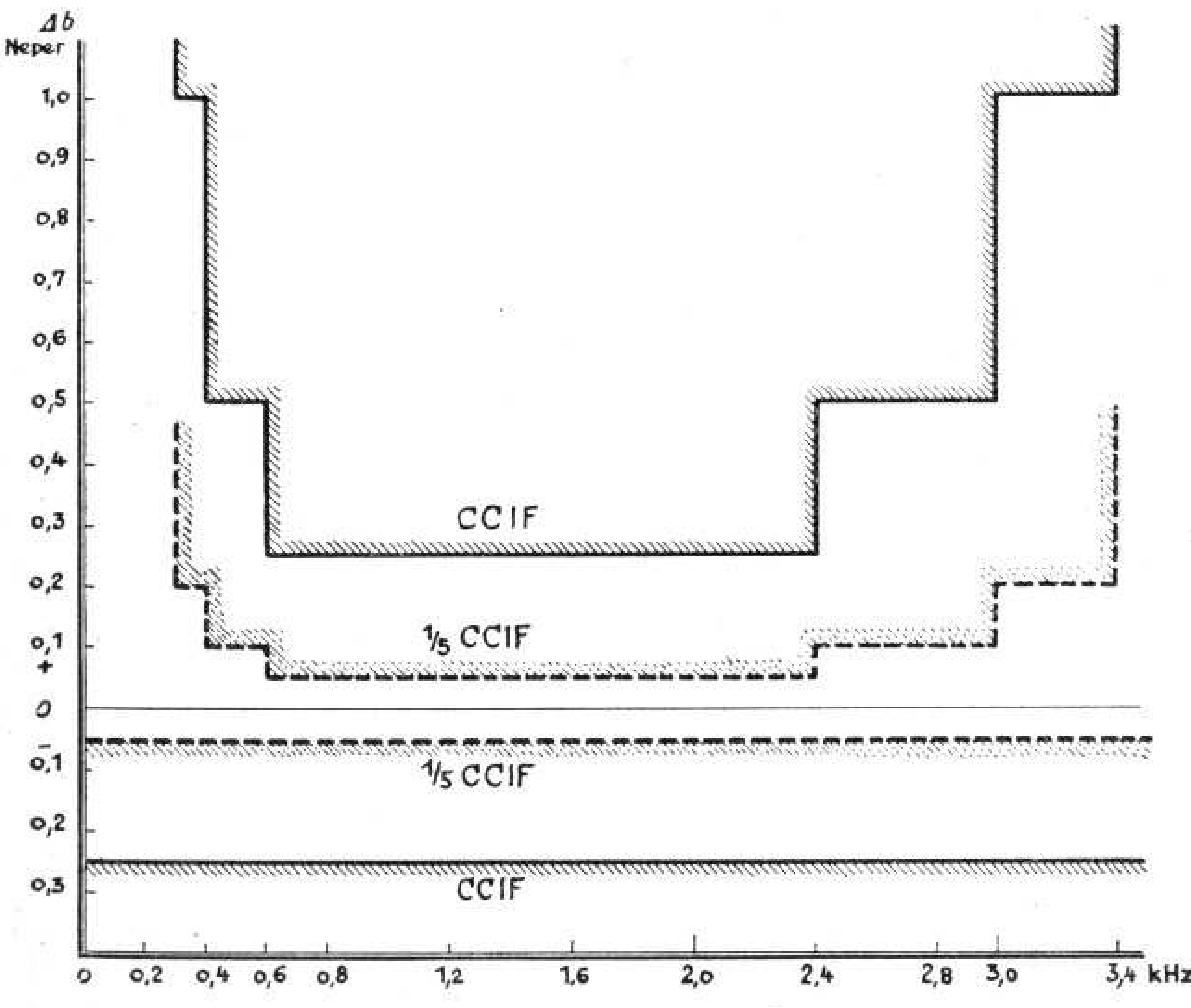


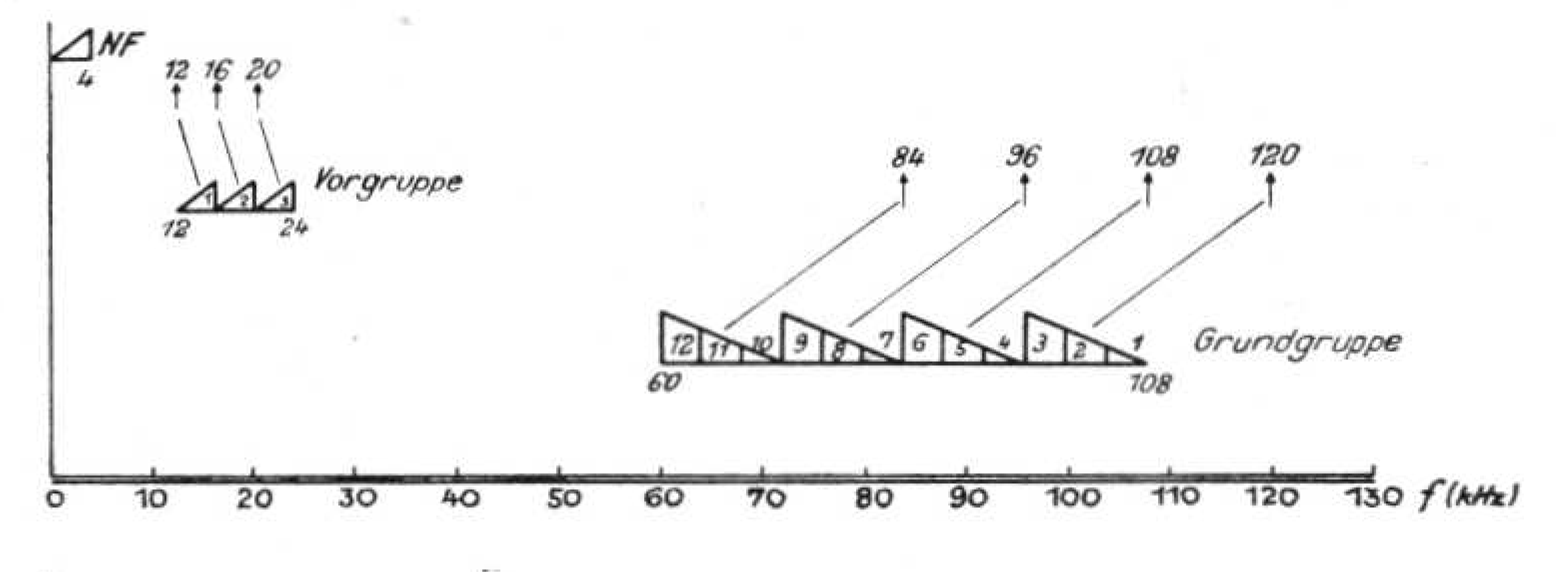
Bild 7. Toleranzschema für die Restdämpfung einer internationalen Fernsprechleitung mit wirksam übertragenem Frequenzband 0,3 . . . 3,4 kHz

CCIF ohne Festlegung bestimmter Werte gefordert wird, noch höheren Anforderungen genügen. Da die Kanalfilter aller Tf-Systeme im Durchlaßbereich ungefähr die gleiche Dämpfungsverzerrung aufweisen und die Verbindung über 3 Weltfernämter zwei Tf-Leitungen entsprechend Bild 6 enthalten kann, wurde beim deutschen V-60-System die Einhaltung der CCIF-Restdämpfungstoleranz für 6 hintereinander geschaltete Tf-Linien zugrundegelegt. Diese Forderung wird, wie auch die Messungen in den neuen Tf-Geräten gezeigt haben, erfüllt, wenn der Mittelwert aller 12 Kanäle einer Gruppe einer Endstelle (Sende- und Empfangsteil) $^1/_5$ der CCIF-Toleranz nicht überschreitet. Dabei können für einzelne Kanäle bis zu $^2/_5$ der Toleranz zugelassen werden. Um das Zusammenarbeiten von Endstellen verschiedener Firmen ohne Einschränkung zu ermöglichen, darf der Sendeteil allein bei allen Kanälen höchstens $^1/_5$ der Toleranz ausnutzen.

b) Aufbau der Tf-Geräte

Zu den deutschen Weitverkehrs-Tf-Systemen gehören, wie oben ausgeführt wurde, das System V 60 und Z 12 K oder später V 600 bzw. V 960. Für den Aufbau der deutschen Weitverkehrs-Tf-Systeme werden, mit Ausnahme des unten erwähnten Vormodulationssystems, die Grundgruppe B (60 ... 108 kHz) und die Grundübergruppe (312 ... 552 kHz), benutzt. Die Geräte entsprechen auch hierin den Empfehlungen des CCIF. Die verschiedenen Systeme enthalten daher weitgehend die gleichen Bauelemente und Einzelgeräte und brauchen nur durch entsprechende Zusätze ergänzt zu werden. Es wäre möglich, zwischen Tf-Systemen für internationalen Verkehr, d. h. für sehr lange Leitungen, und nationalen Systemen zu unterscheiden, bei denen der Spielraum für die zulässige Geräuschleistung auf kürzeren Entfernungen ausgenützt werden könnte. Dies würde aber eine Einengung bei der Planung und Beschaltung und bei der Fabrikation bedeuten.

Beim Tf-System V 60 [10] wird das Frequenzband 12 ... 252 kHz verwendet, und zwar für 5 Gruppen zu je 12 Kanälen in der Frequenzlage 12 ... 60 ... 108 ... 156 ... 204 ... 252 kHz (siehe Bild 8 und 9). Das System kann auch mit weniger Gruppen betrieben und als 12-, 24-, 36- oder 48-Kanal-System verwendet werden. Die Frequenzbänder sämtlicher Gruppen liegen im Übertragungsfrequenzband normalerweise in Kehrlage; sie stimmen so mit der Frequenzfolge der Übergruppen von Tf-Systemen für Koaxialleitungen überein; das V 60 läßt sich daher auch leicht in ein solches System überführen. Durch einfache Umschaltung im Gerät kann aber die untere Gruppe (A) auch in Regellage eingestellt werden, so daß im Bedarfsfalle auch das un-



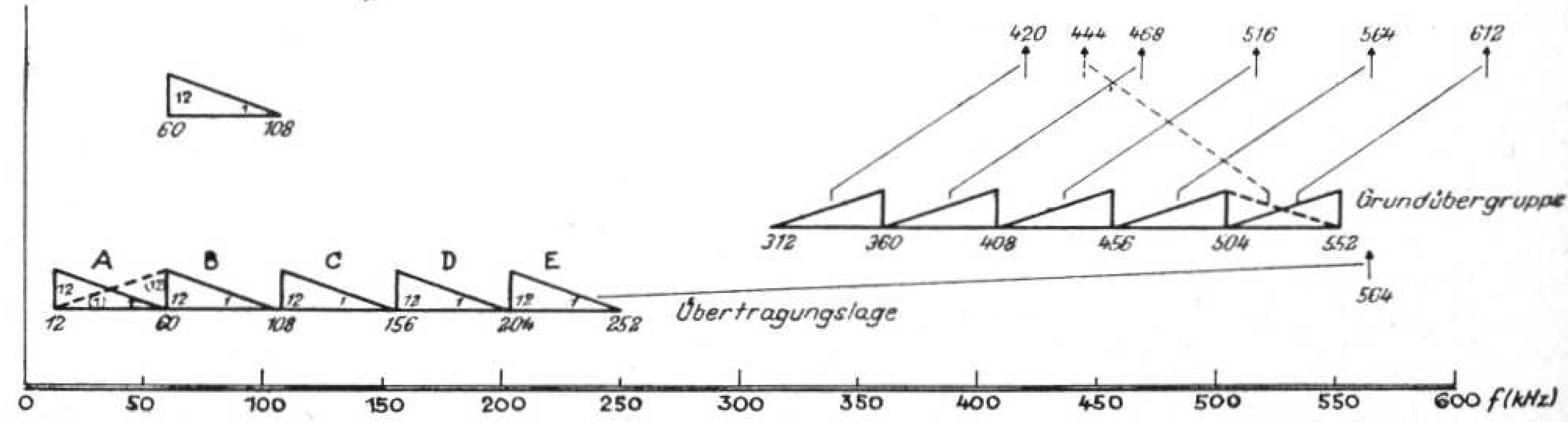


Bild 8. Frequenzschema des Vorgruppen-Tf-Systems V 60

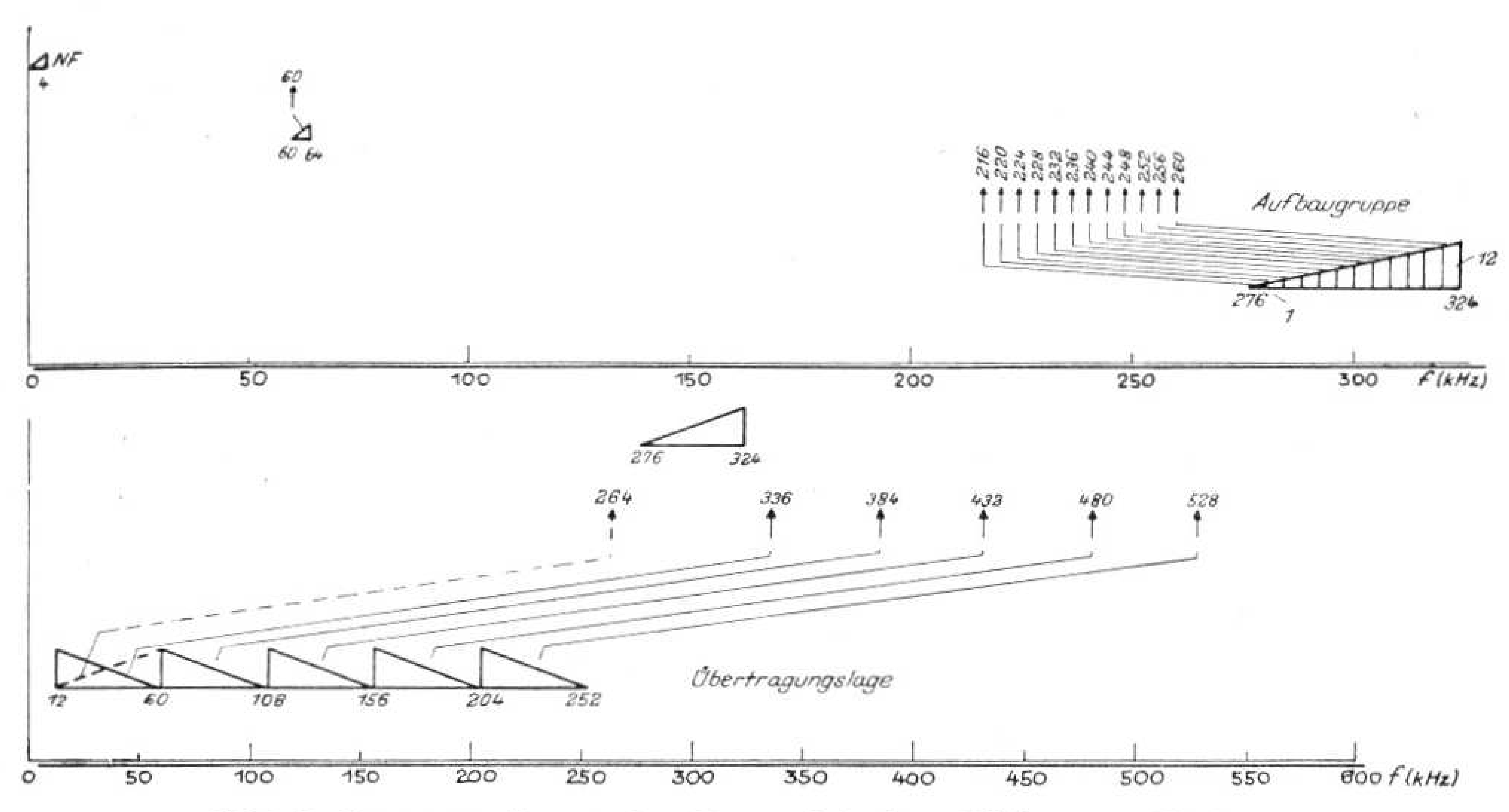


Bild 9. Frequenzschema des Vormodulations-Tf-Systems V 60

mittelbare Zusammenarbeiten der Tf-Geräte V 60 mit anderen Systemen zu 12 bis 48 Kanälen möglich ist, deren Frequenzfolge der CCIF-Empfehlung nach Bild 3 entspricht. Nach der Art, wie die Nf-Bänder in die Übertragungslage gebracht werden, sind zwei Ausführungen zu unterscheiden, die elektrisch gleichwertig sind: das Vorgruppen- und das Vormodulationssystem.

Beim Vorgruppensystem (Bild 8) werden zunächst 3 Kanäle zu einer Vorgruppe (Frequenzband 12 ... 24 kHz) und dann 4 solcher Vorgruppen zur Grundgruppe B (60 ... 108 kHz) zusammengefaßt. Aus 5 Grundgruppen wird die Grundübergruppe (312 ... 552 kHz) aufgebaut, die in einer 4. Modulationsstufe in das Frequenzband der Übertragungslage gebracht wird. Kehr- und Regellage für die unterste Gruppe kann durch Austausch einer Gruppenträgerfrequenz bei der Verlagerung der Grundgruppen erzeugt werden. Durch die Verwendung von Vorgruppen wird die Zahl der Filtertypen sowie die Gesamtzahl der Filter und Umsetzer herabgesetzt. Das System enthält die Grundgruppe B und die Grundübergruppe unmittelbar.

Beim Vormodulationssystem (Bild 9) werden alle Kanäle mit 60 kHz vormoduliert und dann die 12-Kanal-Aufbaugruppe im Frequenzbereich 276 ... 324 kHz gebildet, aus der die einzelnen Gruppen in die Übertragungslage verlagert werden. Grundgruppe und Grundübergruppe sind hier nicht unmittelbar vorhanden, lassen sich aber aus der Aufbaugruppe bzw. der Übertragungslage durch eine zusätzliche Modulationsstufe herstellen.

Das Tf-System V 600 bzw. V 960 wird bis zur Grundübergruppe gleich aufgebaut, enthält aber für die Übergruppenumsetzung Umsetzer für andere Frequenzbereiche und entsprechend zusätzliche Träger-

frequenzen, außerdem Verstärker für breitere Frequenzbereiche. Beim Tf-System Z 12 K wird die Grundgruppe B für die eine Übertragungsrichtung direkt verwendet, während sie für die andere Übertragungsrichtung mit der Trägerfrequenz 114 kHz in das Frequenzband 6... 54 kHz verlagert wird. Dieser Aufbau, der zwar vom CCIF noch nicht in einer Empfehlung niedergelegt ist, ergibt sich sinngemäß, wenn man zusätzliche Umsetzerstufen vermeiden und eine genügend breite Frequenzlücke für die Trennung der beiden Übertragungsrichtungen durch Weichen erhalten will. Da die Geräte auch konstruktiv so zusammengefaßt sind, daß im Kanalumsetzergestell alle Einrichtungen für die Umsetzung der Nf-Bänder bis zur Grundgruppe und im Gruppenumsetzergestell alle Einrichtungen für die Umsetzung der Grundgruppe zur Grundübergruppe zusammengefaßt sind, ergibt sich für alle deutschen Tf-Systeme für Weitverkehr ein einheitlicher Aufbau unter Verwendung gleicher Gestelltypen und ein einheitlicher Amtsaufbau. Für alle Weitverkehrs-Tf-Systeme eines Tf-Amtes sind daher die gleichen Umsetzergestelle vorhanden, die den Hauptbestandteil eines solchen Amtes bilden; an zentraler Stelle sind dann nur noch die in geringer Stückzahl erforderlichen übrigen Gestelle notwendig. Dies sind KE-Gestell, Gruppenumsetzergestell, Übergruppenumsetzergestell für V 60 bzw. V 600 und V 960, Verstärkergestell, Trägerstromversorgungsgestell und Gestell für Z 12 K, in denen die zusätzlichen Einrichtungen wie Frequenzweichen und Gruppenumsetzer für die Herstellung des unteren Frequenzbandes untergebracht sind. Die Verstärker sind für V 60 und Z 12 K gleich. Die Trägerstromversorgung stimmt für alle Systeme ebenfalls überein, bei Z-12-K-Systemen sind aber die Trägerfrequenzen für die Gruppen- und Übergruppenumsetzung entbehrlich und statt dessen die Trägerfrequenz 114 kHz erforderlich und bei Koaxial-Systemen sind zusätzliche Trägerfrequenzen für die Übergruppenumsetzungen notwendig. Bei Z-12-K-Systemen wird auch in Zwischenverstärkerämtern von der Gruppenumsetzung Gebrauch gemacht, wenn zur Vermeidung von Kopplungen über 3. Kreise die Frequenzbänder der beiden Übertragungsrichtungen in den Zwischenverstärkerämtern vertauscht werden sollen. Auch für Vielkanal-Richtfunkverbindungen werden zur Erzeugung des Frequenzbandes für die Aussteuerung der Sender die gleichen Tf-Geräte wie für Kabelleitungen verwendet, so daß auch diese Einrichtungen sehr gut in ein Verstärkeramt einzugliedern sind. In einem solchen Tf-Amt sind Verteiler für die Ein- und Ausgänge der Nf-Leitungen, der Grundgruppen, der Grundübergruppen und der Tf-Leitungen vorhanden: Man ist dann vollkommen frei in der Zusammenschaltung zu 12-Kanal-Gruppen wie auch in der Bildung von V 60-, Z 12 K- oder V 600- bzw. V 960-Systemen aus den verschiedenen Grundgruppen und Grundübergruppen und in der trägerfrequenten Durchschaltung von Kanalbündeln sowie in der Anschaltung der verschiedenen Tf-Systeme auf die einzelnen Tf-Leitungen und Richtfunklinien. Außer den Nf-Ein- und Ausgangspegeln, die in Anlehnung an die Nf-Verstärkertechnik — 2,0 / + 1,0 N betragen, sind die einzelnen Ein-

und Ausgangspegel der Schaltpunkte so gewählt, daß an den Verteilern nur geringe Pegelunterschiede vorhanden sind. Hierdurch wird die Einhaltung der geforderten hohen Nebensprechdämpfungen bei den verwendeten hohen Frequenzen erleichtert. Einen Überblick über die Pegel und Scheinwiderstände gibt die nachfolgende Zusammenstellung:

	Senderichtung	Empfangsrichtung	Scheinwiderstand
Nf-Vdr-Ein- und Ausgang	— 2,0 N	+ 1,0 ± 0,1 N	600 Ohm
Grundgruppenverteiler (60 ... 108 kHz) Vorg.-System	— 4,2 ± 0,1 N	— 3,5 ± 0,1 N	150 Ohm (symmetrisch)
Aufbaugruppenverteiler (276 .. 324 kHz) Vormodul.-System	— 2,8 ± 0,1 N	— 3,2 ± 0,1 N	150 Ohm (symmetrisch)
Übergruppenverteiler (312 ... 552 kHz)	— 4,0 ± 0,1 N	— 3,5 ± 0,1 N	75 Ohm (unsymmetrisch)
Tf Leitungs-Verteiler (Ausgang der Sende- bzw. Empfangsverstärker 12 ... 252 kHz)	+ 0,5 ± 0,1 N	+ 0,5 ± 0,1 N	150 Ohm (symmetrisch)

Der Nf-Ausgang der Tf-Geräte ist mit Rücksicht auf die Fernwahl vierdrähtig gewählt. Als Gabeln, Ruf- und Tonwahleinrichtungen sind die in der Nf-Technik üblichen Einrichtungen zu verwenden.

VI. Das deutsche Netzgruppen-Tf-System

Netzgruppenleitungen sollen nach den Empfehlungen des CCIF nicht wesentlich zum Gesamtgeräusch beitragen. Für das Netzgruppen-Tf-System wurde daher ein Geräuschbeitrag von 2000 pW zugelassen, der zu je 1000 pW auf das Nebensprechen der Netzgruppenkabel und auf das Tf-System aufgeteilt werden kann. Der Klirrleistungsbeitrag eines so kurzen Tf-Systems ist sehr klein, man kann daher die 1000 pW im wesentlichen für das Grundgeräusch verbrauchen und so Verstärkerfelder mit einer Dämpfung von 8,5 N für die höchste Übertragungsfrequenz ohne Zwischenverstärker und von 7,5 N mit Zwischenverstärkern zulassen. Die Dämpfungsverzerrung eines Kanals darf $^2/_5$ der CCIF-Toleranz (siehe Bild 7) nicht übersteigen. Dagegen sind hier systemeigener Ruf und Wahl vorgesehen. Durch diese Herabsetzung der Anforderungen können die relativen Kanalkosten der Netzgruppen-Tf-Systeme aber nicht so beträchtlich gesenkt werden, daß der Einsatz auf kurzen Entfernungen wirtschaftlich wäre. Den Hauptanteil der

Kosten einer Tf-Endstelle nehmen die Filter ein und hier vor allem die Kanalfilter mit den hohen Anforderungen an die Flankensteilheit. Eine Verbilligung von Tf-Geräten ergibt sich daher im wesentlichen durch einen Aufbau, bei dem die Filterkosten herabgesetzt werden können, d. h. mit größerem Trägerabstand. Dies ist für Netzgruppen-Tf-Systeme tragbar, weil es sich beim Einsatz dieser Geräte im allgemeinen um die Schaffung von verhältnismäßig kleinen zusätzlichen Leitungsbündeln handeln wird, von einigen Ausnahmen im Industrie-Gebiet abgesehen. Das Z 6 N wird als Einseitenband-System ausgeführt, weil dies gegenüber Zweiseitenband-Systemen übertragungstechnische Vorteile bringt und hierdurch gegenseitige Störungen beim Einsatz verschiedener Tf-Systeme im gleichen Kabel vermieden werden. Das zunächst in geringer Stückzahl beschaffte Zweiseitenband-System Z 6 N/T soll später nur in den Netzausläufern eingesetzt werden.

Beim Z 6 N wird, wie in Bild 10 ersichtlich ist, in einstufiger Modulation die Gruppe im Frequenzband 64 ... 108 kHz für die eine Übertragungsrichtung aufgebaut. In einem Modulator mit der Trägerfrequenz 114 kHz wird diese Gruppe für die andere Übertragungsrichtung in den Frequenzbereich 6 ... 50 kHz verlagert. Die gute Über-

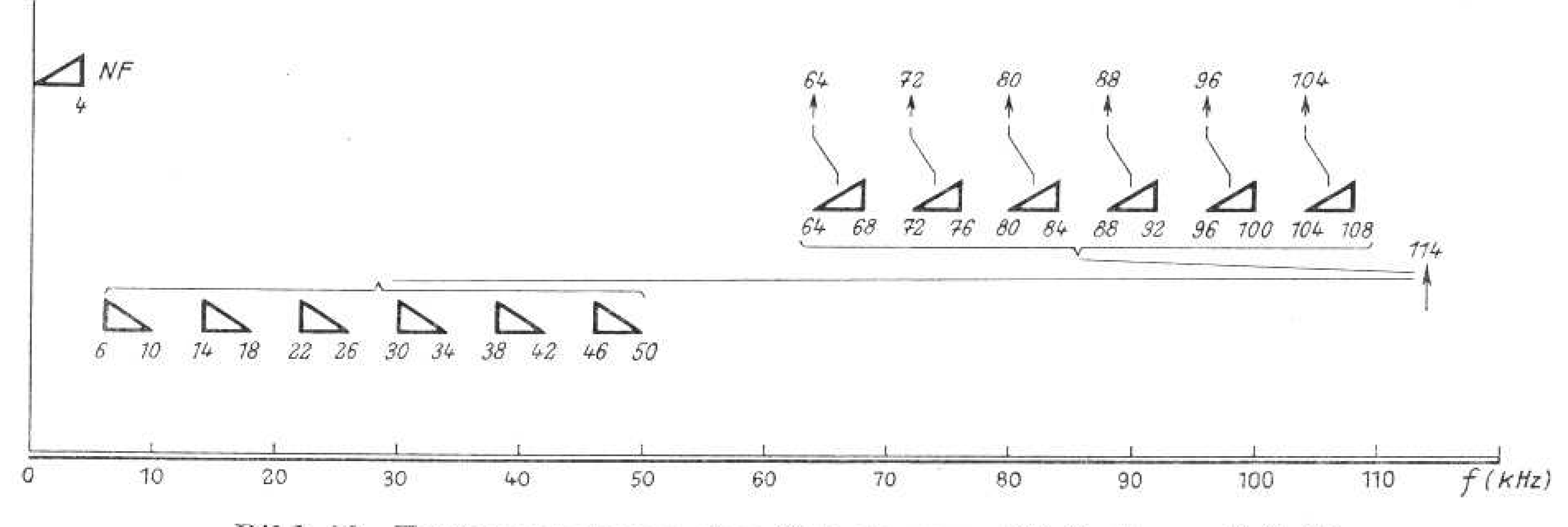


Bild 10. Frequenzschema des Netzgruppen-Tf-Systems Z 6 N

einstimmung mit dem Frequenzbereich und Aufbau des Z-12-K-Systems bringt hier Vorteile, da z. B. die gleichen Umsetzer, Weichen und Verstärker verwendet werden können. Netzgruppen-Tf-Systeme werden von Hauptämtern aus auf dem sternförmigen Netz zu den Knotenämtern bzw. Endämtern eingesetzt werden. In den Hauptämtern befinden sich im allgemeinen auch Weitverkehrs-Tf-Systeme. Als Trägerfrequenzen des Z 6 N sind daher Vielfache von 4 kHz gewählt und ihr Abstand ist auf 8 kHz festgesetzt worden, so daß die Trägerstromversorgung der Weitverkehrs-Tf-Systeme mitbenutzt werden kann und gegenseitige Störungen dieser Systeme mit Weitverkehrs-Tf-System vermieden werden.

VII. Betriebssicherheit

Mit der Einführung der Vielkanal-Tf-Technik wird die Zahl der in einem Kabel geführten Verbindungen sehr viel größer als bei Nf-Be-

trieb. Die Gesamtzahl der Verstärker im Zuge einer Verbindung wird ebenfalls größer, und von diesen Verstärkern ist ein beträchtlicher Teil in unbemannten Verstärkerämtern untergebracht. Jede Störung in einem Tf-Gerät beeinträchtigt außerdem stets eine Vielzahl von Verbindungen. Mit Einführung des Selbstwählferndienstes und Ausdehnung des WT-Einsatzes werden aber immer größere Anforderungen an die Betriebssicherheit der Leitungen gestellt. Es müssen daher vor allem bei den Weitverkehrslinien entsprechende Maßnahmen getroffen werden, den Ausfall eines Kabels bzw. der Trägerfrequenzgeräte zu vermeiden oder wenigstens auf die kürzeste Zeit zu beschränken und die Schwankung der Restdämpfung trotz der sehr großen Zahl von Zwischenverstärkern und der komplizierteren Technik in engen Grenzen zu halten.

Bei der Beschaltung der Tf-Fernkabel werden die Weitverkehrsleitungen zwischen den wichtigsten Knotenpunkten möglichst auf verschiedenen Kabelwegen geführt, damit bei einer Störung eines Kabels nicht sämtliche Verbindungen unterbrochen werden. Außerdem werden die Kabel durch Isolationsmessungen überwacht, um Kabelfehler möglichst schnell erkennen und beseitigen zu können, ehe sie zu Betriebsstörungen führen, und ein gut organisierter und gut ausgerüsteter Kabelmeß- und Entstörungsdienst sorgt für schnelle Fehlerbeseitigung.

Beim Bau der Tf-Geräte wurde auf Betriebssicherheit größter Wert gelegt. Vor allem sind die stark gegengekoppelten Verstärker gegen Schwankungen der Versorgungsspannungen, Röhrenwechsel usw. unempfindlich, so daß als Grenzen der Restdämpfungsschwankungen von Tf-Systemen $\pm$ 0,2 N festgelegt werden konnten. Maßnahmen für die Einpegelung und Entzerrung wurden unter B V. a. 2. erwähnt. Störungen in den technischen Einrichtungen werden durch optische und akustische Signale angezeigt. Jedes Tf-System V 60 enthält ferner einen Pilotton, dessen Pegel in den einzelnen Verstärkerämtern überwacht wird und der bei Überschreiten der zulässigen Toleranz zur Signalisation, g. F. auch zur Regelung verwendet werden kann. Für V 600 bzw. V 960 sind entsprechende Maßnahmen vorgesehen. In den Verstärkerämtern ist gut ausgebildetes Personal vorhanden, das die technischen Einrichtungen pflegt, bei etwaigen Störungen den Fehler schnell erkennen und beseitigen kann und das auch die Pflege und Störungsbeseitigung der zugeteilten unbemannten Verstärkerämter übernehmen muß. Hierzu werden Störungen und Änderungen des Betriebszustandes, die in den unbemannten Verstärkerämtern an technischen Einrichtungen einschließlich der Stromversorgungsanlage auftreten, durch eine Fernüberwachungseinrichtung an das für die Betreuung zuständige bemannte Verstärkeramt gemeldet. Beim gegenwärtigen Ausbau des Tf-Fernkabelnetzes sind 4 bis 5 unbemannte Verstärkerämter zwischen bemannten vorgesehen, die auf die Betreuungsämter so aufgeteilt werden, daß sie schnell und bequem mit einem, dem Betreuungsamt zugeteilten Kraftwagen zu erreichen sind. Die Verstärkerröhren der Tf-Geräte werden in kurzen Abständen auf ihre elektrischen Daten hin überprüft, um „sterbende" Röhren finden und auswechseln zu können, ehe Betriebs-

schwierigkeiten entstehen. Damit bei Ersatzschaltung von Geräteteilen, die aus betrieblichen Gründen oder zur Messung der Röhren notwendig sind, keine Störungen des Betriebs auftreten, ist für alle Geräteteile, die Röhren enthalten und mehr als 12 Kanäle betreffen, ein Ersatzgerät im Gestell vorhanden, das von Hand durch eine Schnellumschalte-Einrichtung eingeschaltet werden kann. Die Unterbrechungszeit ist hierbei mit Rücksicht auf die Forderungen der WT-Technik $\leq$ 2 ms. Diese Ersatzschaltung geschieht bei der Trägerstromversorgung selbsttätig. Auch für andere wichtige Geräteteile mit Röhren, die weniger Kanäle betreffen, sind Ersatzgeräte vorhanden; auf eine Schnellumschaltung ist hier aber verzichtet worden.

Der Ausfall von Versorgungsspannungen in den größeren Verstärkerämtern ist kaum kritisch, weil hier unterbrechungssichere Stromversorgungsanlagen sowie Bedienungspersonal zum sofortigen Eingreifen bei Störungen vorhanden sind. Die unbemannten Verstärkerämter sind im allgemeinen an das sichere Hochspannungsnetz angeschlossen. Es ist aber Vorsorge getroffen, daß bei Netzausfall, auch wenn er längere Zeit dauert, der Betrieb nicht gestört wird. Die Stromversorgung der unbemannten Verstärkerämter ist hierzu so aufgebaut, daß der Anodenstrom einer dauernd gepufferten Batterie entnommen wird. Die Tf-Geräte enthalten nur indirekt geheizte Röhren; der Heizstrom wird daher als Wechselstrom über einen Transformator vom Netz (220 V) unmittelbar geliefert. Fällt das Netz aus, dann läuft ein von der Batterie angetriebener Umformer an und bringt in $\leqq$ 5 s Wechselstrom (220 V) als Netzersatz. Da der Anodenstrom ununterbrochen vorhanden ist, macht sich infolge der Wärmeträgheit der indirekt geheizten Röhren hierbei noch keine störende Pegelschwankung bemerkbar. Bei längerem Netzausfall läuft dann noch ein Diesel-Aggregat als Netzersatzanlage selbsttätig an, der Umformer wird ausgeschaltet und die Batterie wieder aufgeladen. Bei Rückkehr der Netzspannung wird der ursprüngliche Zustand selbsttätig wieder hergestellt. Bei einer Fernspeisung der Verstärkerämter wird die Gefahr von Unterbrechungen der Versorgungsspannungen noch geringer.

Für ein einwandfreies Arbeiten der WT-Verbindungen wird außerdem gefordert, daß die Tf-Leitungen in keinem Falle eine Frequenzverfälschung von mehr als 2 Hz bringen dürfen. Dies bedingt bei Einseitenbandsystemen, daß die Trägerfrequenzen der beiden Endstellen um nicht mehr als $\pm$ 1 Hz voneinander abweichen dürfen; bei Sprache werden Frequenzabweichungen von 20 Hz noch keinesfalls als störend empfunden. Die Trägerfrequenzen der Tf-Systeme sind Vielfache von 4 kHz; die Trägerversorgungsanlagen sind daher so aufgebaut, daß die Trägerfrequenzen durch Vervielfachung aus 4 kHz gewonnen werden. Dabei wird die Grundfrequenz 4 kHz durch einen Quarz konstant gehalten oder durch eine quarzgesteuerte höhere Frequenz synchronisiert, wodurch die geforderte Konstanz von $\pm$ 1 Hz für die höchste übertragene Frequenz gut eingehalten werden kann.

Netzgruppen-Tf-Systeme sind nicht für die WT-Übertragungen bestimmt, da hierfür stets Nf-Leitungen verfügbar sein werden. Entsprechend können auch zur Verbilligung dieser TF-Geräte und Anlagen die Bedingungen für die Frequenzkonstanz und kurzzeitige Unterbrechungen etwas gelockert werden.

C. Wettbewerb der Dezimetertechnik

In jüngster Zeit ist der Kabelübertragungstechnik ein ernsthafter Wettbewerber in Gestalt der Dezimetertechnik erstanden. Was diese Dezimetertechnik schon heute zu leisten vermag und welche Chancen ihr die Zukunft bietet, wird in der anschließenden Arbeit von K. O. Schmidt behandelt.

Schrifttum

1. Pausch und Thurmayr: Mittelwertsnetzbild eines Zentralamtsbereiches der Landesfernwahl. FTZ Nov. 1951, Heft 11.
2. H. Düll: Das deutsche Zwölfbandsystem. EFD 1939 Nr. 51.
3. G. H. Bast, D. Goedhart u. J. F. Schouten: Ein Trägerfrequenz-Telefoniesystem für 48 Kanäle. Philips Techn. Rundschau 1947 Nr. 6.
4. H. Düll: Die Technik der deutschen Trägerfrequenz-Fernkabel. Fernmelde-Ingenieur 1952.
5. W. Zerbel: Das deutsche Trägerfrequenz-System V 60. FTZ 1951, Heft 5/6.
6. G. Wuckel: Breitbandkabel. Jahrbuch des elektr. Fernmeldewesens 1937.
7. H. Griem u. W. Zerbel: Planung eines neuen deutschen Trägerfrequenz-Fernkabelnetzes für den Weitverkehr. FTZ 1950, Heft 3.
8. F. Ring: Übertragungseigenschaften des V-60-Trägerfrequenz-Systems. FTZ, 1952.
9. F. Ring u. W. Zerbel: Die Reichweite von Trägerfrequenz-Systemen. FTZ 1950, Heft 10.
10. W. Zerbel: Die deutschen Vielkanal-Trägerfrequenzgeräte für Kabelleitungen. Fernmelde-Ingenieur 1951, Heft 9.

K. O. Schmidt

Die Richtfunktechnik des Dezimeter- und Zentimeterwellenbereiches im deutschen Fernmeldenetz

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Richtfunktechnik sind inzwischen soweit gediehen, daß mit einem Einsatz in das deutsche Fernmeldenetz begonnen werden kann. Ermöglicht wird dies in erster Linie dadurch, daß die CCJ-Bedingungen und die sonstigen Anforderungen, die an das Kabelnetz gestellt werden, nunmehr auch von den Dezimetergeräten unter bestimmten Voraussetzungen erfüllt werden können. Über die allgemeinen Aufgaben und Bedingungen des deutschen Fernmeldenetzes wird ausführlich in der vorhergehenden Arbeit von W. Zerbel über „Die Kabeltechnik im deutschen Fernmeldenetz" berichtet. Diese Ausführungen gelten sinngemäß auch für die Richtfunktechnik.

1. Physikalische und technische Grundlagen

a) Ausbreitungsfragen

Die Verwendung der Dezimeter- und Zentimeterwellen als Nachrichtenübertragungsmittel wird im wesentlichen durch ihre physikali-

schen Eigenschaften bestimmt. Die Ausbreitung dieser Wellen erfolgt nach den Gesetzen der Optik. Dies bedeutet, daß man in erster Annäherung mit einer geradlinigen Fortpflanzung des Strahlenbündels rechnen kann. Die für die Praxis bereits ins Gewicht fallenden Abweichungen durch Beugung, Brechung und Reflexion lassen sich z. T. vorausberechnen oder durch Vormessungen (Tests) abschätzen, soweit die Lage und Höhe der beugenden Kante (z. B. Bergrücken), die Lage, Ausdehnung und Brechungsgradienten der brechenden Schichten in der Troposphäre sowie die Lage der reflektierenden Flächen am Boden oder in der Troposphäre bekannt sind oder abgeschätzt werden können.

Dazu kommen noch die bei den Lichtwellen bekannten Erscheinungen der Dämpfung durch Streuung und Absorption. In dem Bild 1 sind die Ausbreitungsverhältnisse für die wesentlichsten Fälle dargestellt. Im Falle A, der am häufigsten vorkommt, wird das von P_1 nach P_2 verlaufende Strahlenbündel in der zur Erdoberfläche hin stetig dichter werdenden Troposphäre (negativer Brechungsgradient) nach dem Verlauf des Strahles 1 a gebrochen. Diese Abweichung von der geometrischen Verbindungslinie „0" zwischen P_1 und

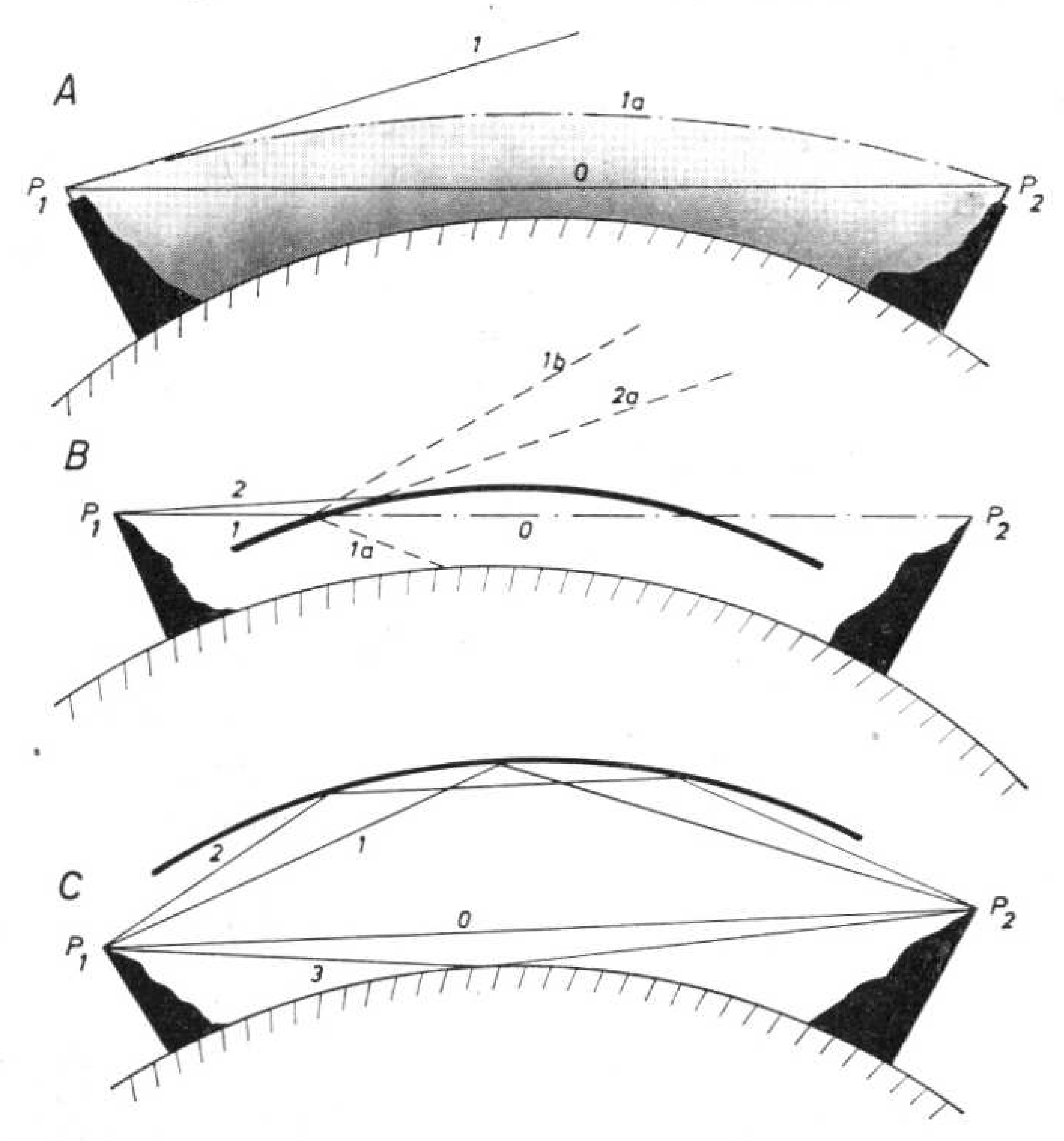


Bild 1: A) Strahlverlauf in normaler Troposphäre, B) Schwunderscheinungen durch Spiegelung (Totalschwund), C) Schwund durch Interferenzen mehrerer Strahlenbündel

P_2 liegt bei ruhigen atmosphärischen Verhältnissen in der Größenordnung von $\frac{1}{2}^0$. Wird dieses Brechkraftgefälle durch Wind gestört, so vermindert sich die Strahlbrechung.

Im Falle B, der sehr selten vorkommt und an ganz bestimmte örtliche und troposphärische Voraussetzungen gebunden ist, trifft das von P_1 ausgehende Strahlenbündel 1 von oben auf eine Spiegelschicht der Troposphäre und wird z. T. gebrochen und z. T. reflektiert. Das noch flacher auftreffende Strahlenbündel 2 wird vollständig reflektiert. Von beiden Strahlenbündeln gelangt kein Anteil nach P_2; wir erhalten einen „Totalschwund". Diese Gefahr kann bei geschickter Streckenführung unter Umgehung solcher schwundgefährdeten Zonen vermieden werden. Auch die Halbierung einer solchen Strecke kann eine ausreichende Verbesserung bringen.

Der Fall C kommt wesentlich häufiger vor als der Fall B. Die zu erwartenden Feldstärkeschwankungen beruhen auf Interferenzen zwischen dem auf dem kürzesten Wege von P_1 nach P_2 gelangenden Hauptstrahl „0" und den am Boden oder an troposphärischen Schichten ein- oder mehrmals reflektierten Umwegstrahlen (1;2;3). Bei nicht zu großer Streckenlänge (siehe später) lassen sich diese Störungen in den zulässigen Grenzen halten.

Als vierter Fall von Schwunderscheinungen ist die Strahldämpfung durch Absorption und Streuung in der Troposphäre bei normalen Witterungsverhältnissen (wenn es nicht regnet) zu nennen. Diese Leistungsverminderung fällt jedoch erst bei Wellenlängen unter 2 cm stärker ins Gewicht, wie aus dem Bild 2 hervorgeht.

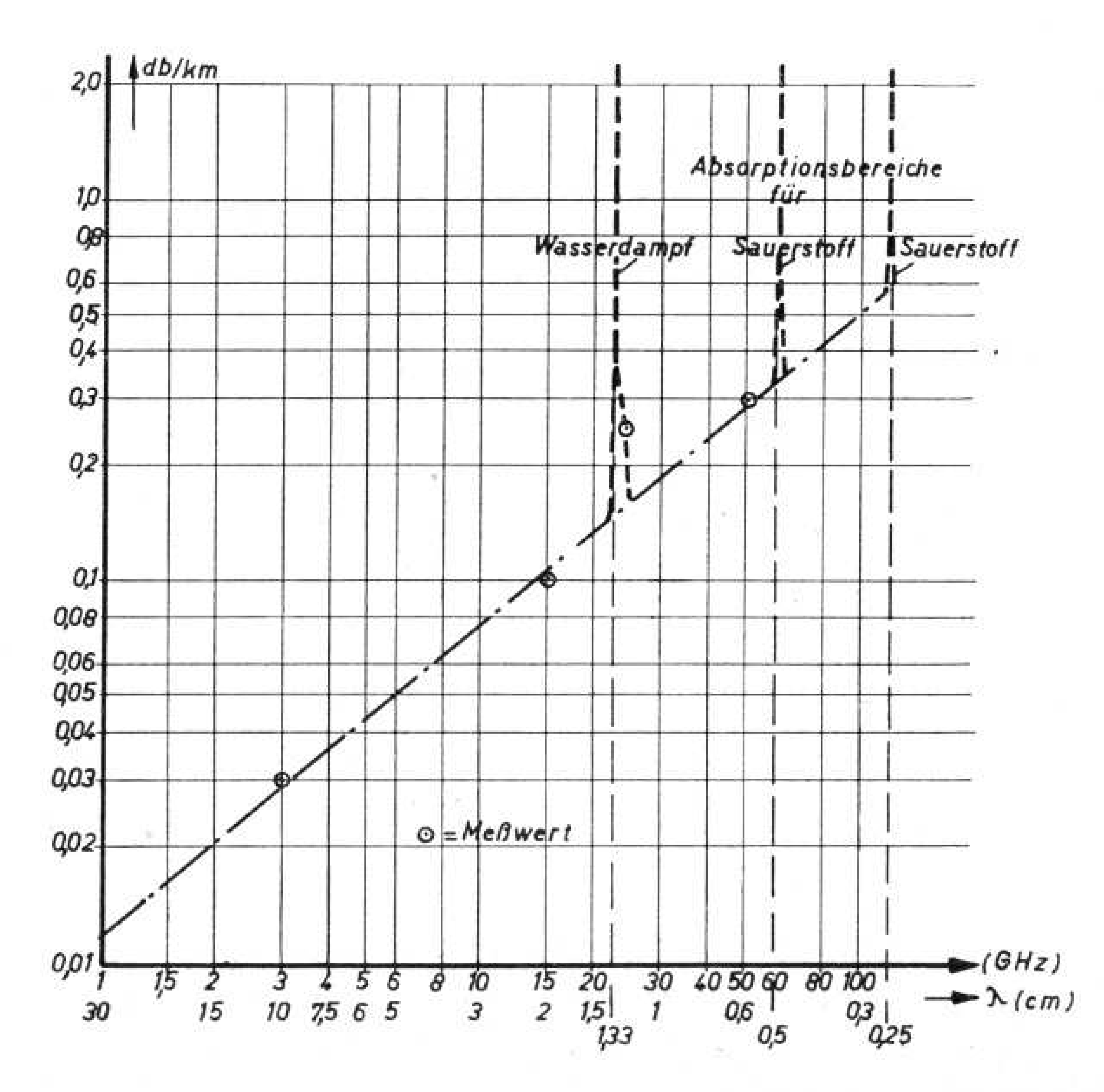


Bild 2. Dämpfung durch Streuung und Absorption abhängig von der Wellenlänge λ in db/km. (Nach H. T. Friis; Bell Syst. Techn. Journ. April 1948)

b) Reichweiten

Eingehende Messungen von A. L. Durkee [1] und H. T. Friis [2], die sich z. T. über mehrere Jahre erstrecken, lassen erkennen, welchen Einfluß die genannten einzelnen Schwundarten auf die Reichweite von Richtfunkverbindungen im Dezimeter- und Zentimeterwellenbereich besitzen.

Die Kurve a des Bildes 3 zeigt die Reichweite bei schwerem Regen (15 mm/std) und die Kurve b bei Wolkenbruch (100 mm/std). Der steile Abfall der Kurve b warnt davor, Wellenlängen unter 5 cm für den Weitverkehr zu verwenden, bei dem durch die Hintereinanderschaltung einer größeren Zahl von Funkfeldern die Gütebedingungen noch verschärft werden.

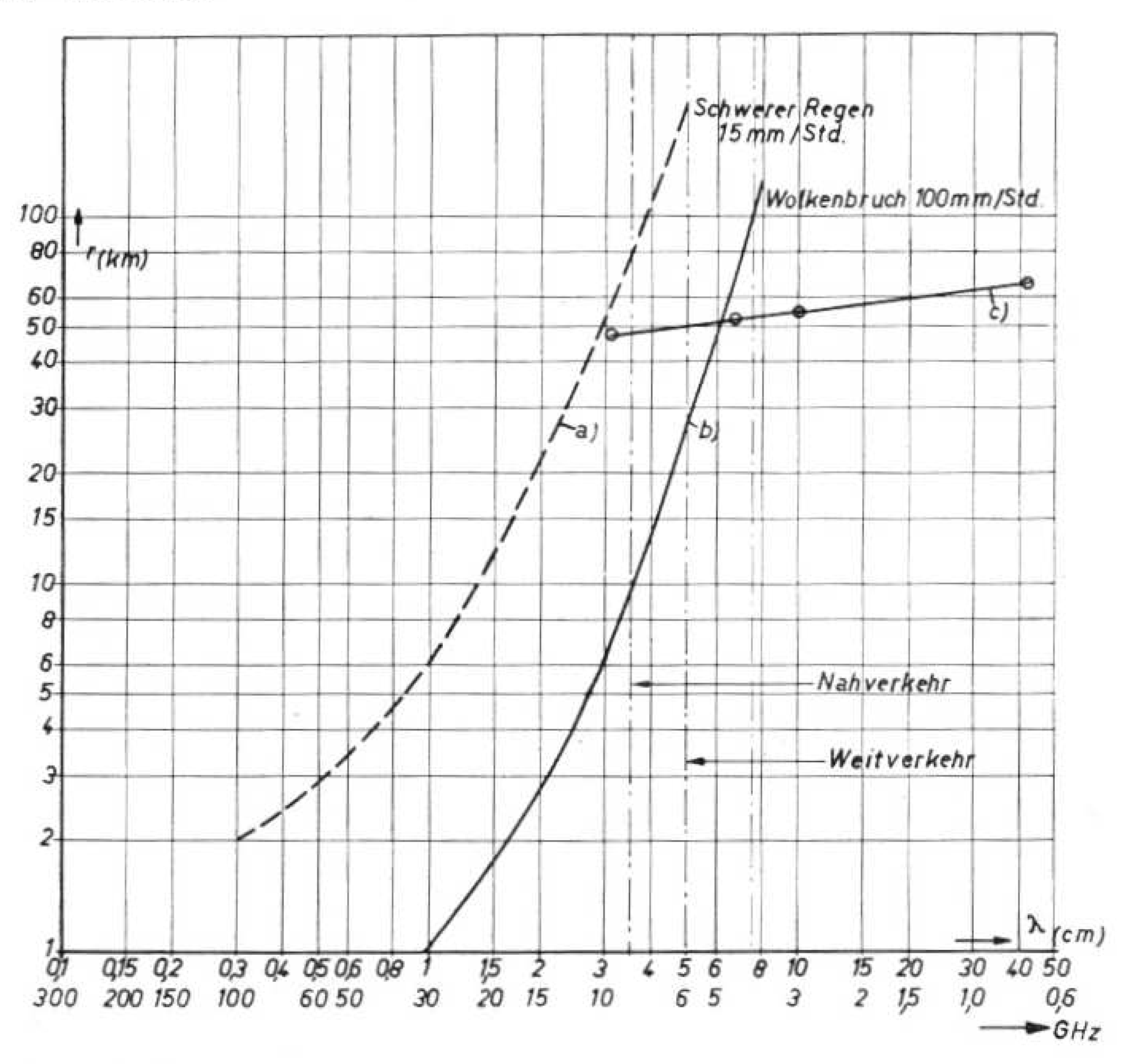


Bild 3. Reichweitenbegrenzung r (km) von Richtfunkverbindungen. a) durch Streuung und Absorption bei schwerem Regen (15 mm/Std.), b) bei Wolkenbruch (100 mm/Std.), c) durch Interferenzschwund bei einem angenommenen Grenzwert von 20 db abhängig von der Wellenlänge (λ cm). (Nach H. T. Friis a), b) und nach A. L. Durkee Kurve c))

Die Kurve c ergibt sich aus Messungen von A. L. Durkee aus den Jahren 1943 bis 1945. Sie läßt bei Zugrundelegung eines Grenzwertes von 20 db erkennen, daß die durch Interferenzen zu erwartenden Schwunde sowohl nach ihrer Einbruchstiefe als auch nach ihrer Einbruchsdauer Reichweiten von 40 bis 50 und ggf. bis 60 km zulassen. Dabei ist als Einbruchsdauer des Schwundes über 28 db (bei 64 km Streckenlänge) eine Zeit von 0,01 % der Betriebsdauer an einem

Sommertag mit starken Schwunderscheinungen bei einer Wellenlänge von 6,5 cm gemessen worden (siehe Bild 4). Die Werte für die darüber und darunter liegenden Wellenlängen lassen sich nach Bild 5 abschätzen. Aus dem Bild 4 ergibt sich, daß der bei 50 km Streckenlänge zugelassene Schwundwert von 20 db, der durch die Schwundreserve vollkommen ausgeglichen wird und daher unmerkbar bleibt, an einem schwundgefährdeten Tage insgesamt nur 8,64 sec. überschritten wird. Die einzelnen Einbruchsdauern liegen dann in der Größenordnung von Bruchteilen einer Sekunde.

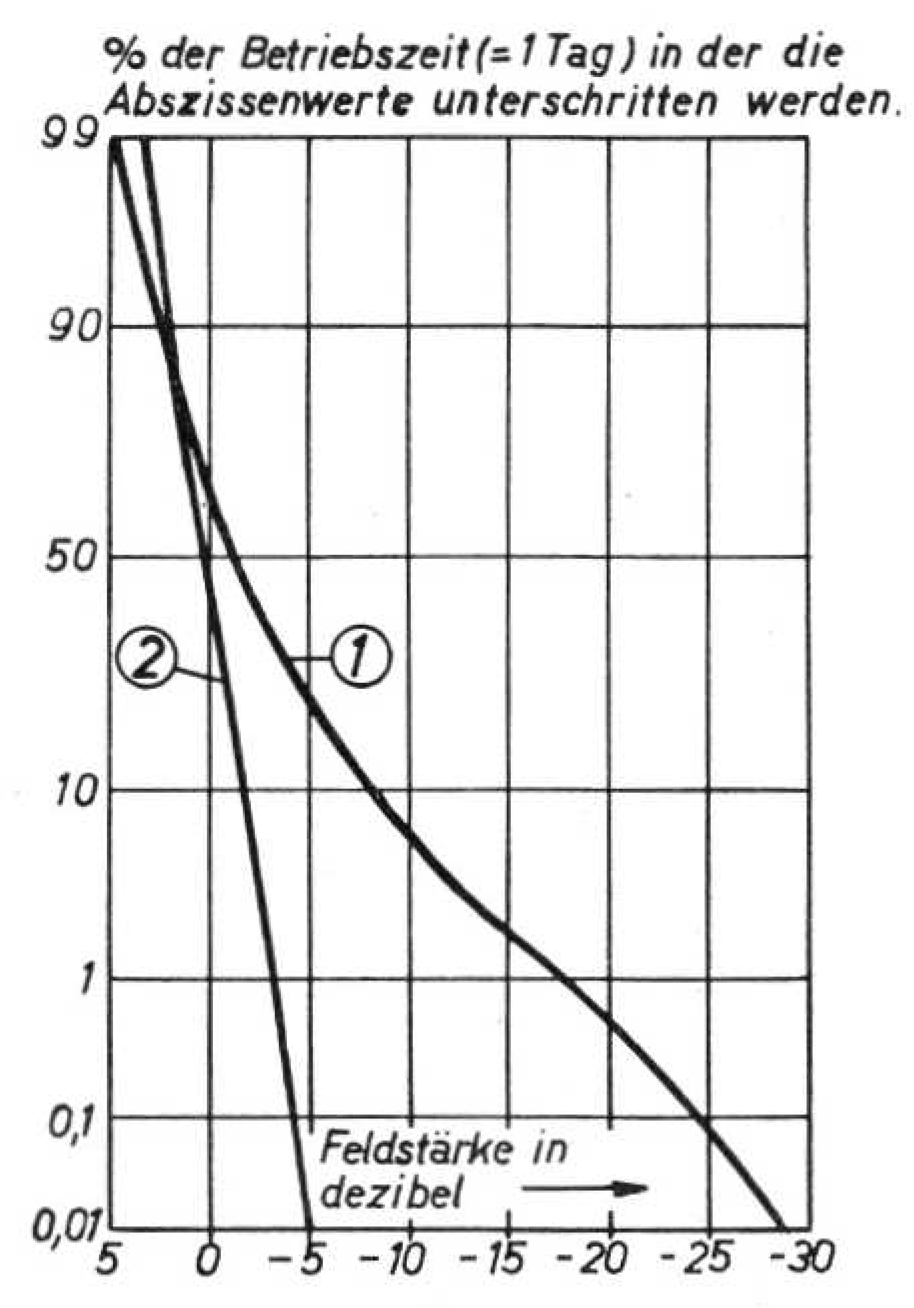


Bild 4. Augenblickswerte der Feldstärke-Verteilung bei 6,5 cm Wellenlänge an einem typischen Sommertag (1) 1. Aug. 1943 und an einem typischen Wintertag (2) 14. Febr. 1944. (Nach A. L. Durkee; Proc. I. R. E. 1948 Seite 199)

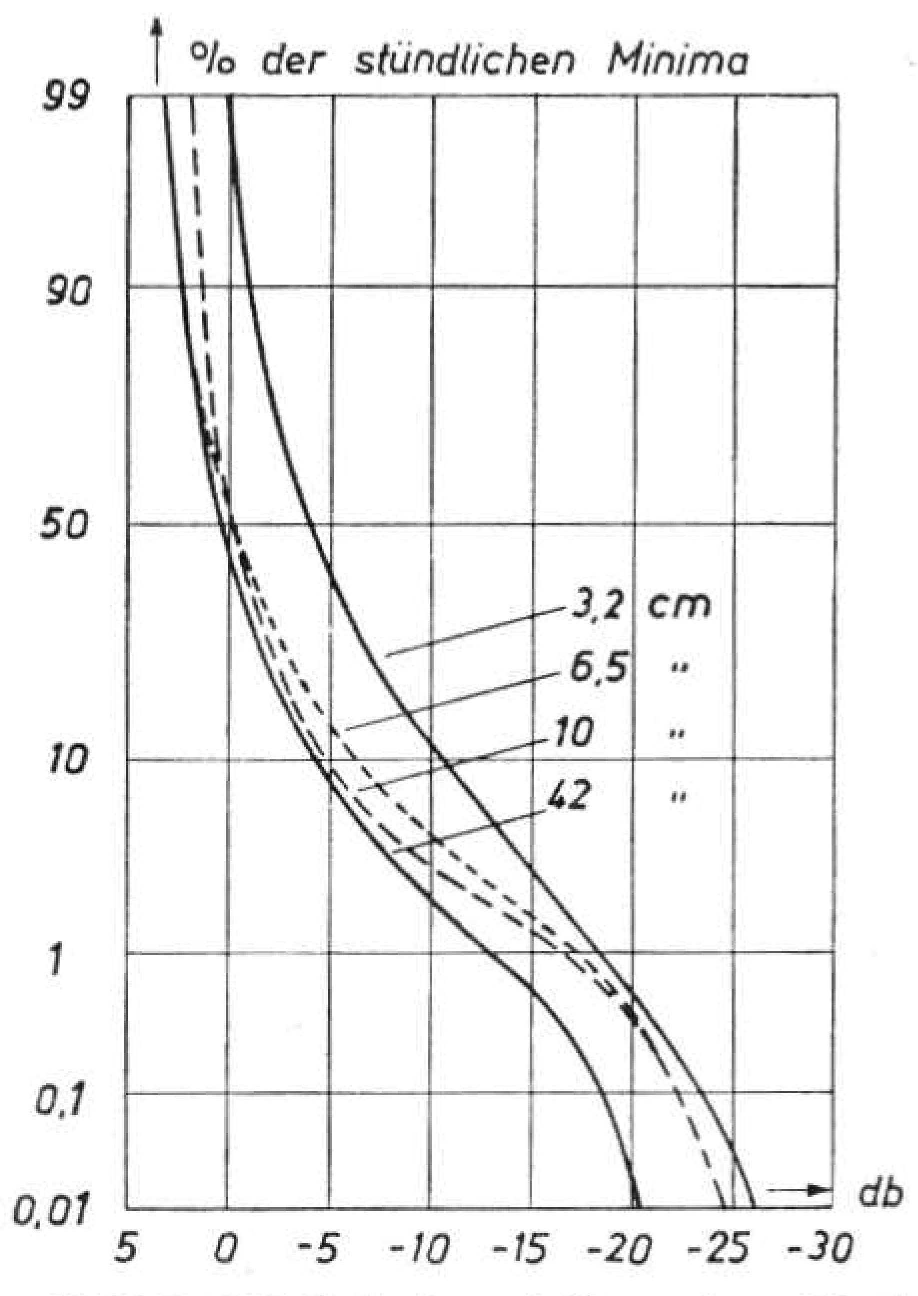


Bild 5. Häufigkeitsverteilung der stündlichen Feldstärkeminima in Prozent bei 3,2; 6,5; 10 und 42 cm Wellenlänge vom 1. August 1943 bis 1. Febr. 1945 (Nach A. L. Durkee) (Streckenlänge = 64 km New York — Neshanic)

Da diese Überschreitungen jedoch nicht mit einem Totalschwund gleichzusetzen sind, sondern lediglich eine Verminderung des Geräuschabstandes nach sich ziehen (z. B. von 6,7 Neper auf 5,7 Neper), so ist damit keine Störung der WT sowie der Wähl- oder Signalvorgänge zu befürchten. Die Beeinträchtigung des Sprechverkehrs ist ebenfalls vernachlässigbar klein bzw. überhaupt nicht wahrnehmbar.

Umgekehrt würde eine Verringerung der Anforderungen durch Zulassung etwa der 10fachen Einbruchsdauer nur eine Reichweitensteigerung von rd. 15 % mit sich bringen, so daß dieser Gewinn zu teuer bezahlt ist.

c) Funkfeldlängen

Wenn man daher von extremen troposphärischen Verhältnissen absieht, die sich im allgemeinen nur auf örtlich fest umgrenzte Gebiete erstrecken und bei der Streckenplanung vermieden werden können (große Wasserfläche, eintönige Landflächen), kann man als mittlere Reichweite eines Funkfeldes 40 km annehmen. Dabei sind Funkfeldlängen bis zu 50 km und auch ausnahmsweise bis zu 60 km vertretbar, wenn mit keiner troposphärischen Schichtenbildung auch in den kritischen Monaten (im allgemeinen August bis Oktober) in der betreffenden Gegend zu rechnen ist (siehe auch Bild 3). In besonders schwierigen Fällen vermag auch ein Diversity-Empfang mit je einer Antenne auf zwei verschiedenen Turmplattformen Interferenzschwunde wesentlich zu vermindern.

d) Wellenplan

Die Wahl der anzuwendenden Wellenlänge wird weiterhin durch den Wellenplan beeinflußt, der in der Konferenz in Atlantic City festgelegt wurde. Für feste Stationen (FX = Fixed Stations) wurden die im Bild 6 angegebenen Bereiche zwischen 20 cm (1,5 GHz) bis 3 cm (10 GHz) vorgesehen. Für die Bereiche I und II liegen bereits Entwicklungsmuster für Richtfunkgeräte vor bzw. sind noch in der Entwicklung. Diese Bereiche wurden in erster Linie deshalb gewählt, weil hier die röhren- und gerätetechnischen Anforderungen von den deutschen Firmen am leichtesten zu lösen waren, und die Bereiche I und II auch in Zukunft mit den entwickelten Richtfunkgeräten für die Übertragung von Fernsehprogrammen und Fernsprechverbindungen ausgenutzt werden sollen. Von den 5 Bereichen eignet sich der Bereich III (8-cm-Bereich) besonders für den Weitverkehr, da er noch sehr gute Ausbreitungsbedingungen besitzt (siehe Bild 3) und andererseits eine doppelt so gute Bündelung infolge des doppelt so großen Antennenbeiwertes D/λ (Durchmesser-Wellenlänge) gegenüber der 16-cm-Welle (Bereich I) bei einer Antenne von 3 m Durchmesser ergibt (rd. $\pm 1^0$ statt $\pm 2^0$). Damit ist es möglich, eine sehr große Zahl von Funkfeldern hintereinanderzuschalten. Gleichzeitig ist dieser Bereich gerätetechnisch z. Zt. noch besser zu beherrschen als die Bereiche IV und V, die in Zukunft auch mit Rücksicht auf die Ausbreitungseigenschaften besser für den innerstaatlichen (Bereich IV = 6,5-cm-Bereich) und den Nahverkehr (Bereich V = 4-cm-Bereich), d. h. den Verkehr in den mittleren und unteren Netzebenen vorbehalten bleiben. Richtfunkgeräte für diesen Wellenbereich sind bisher in Deutschland noch nicht gebaut worden, doch gibt es bereits amerikanische Röhren, die in diesem Wellenbereich eine brauchbare Lebensdauer ($>$ 3000 Std.) besitzen. Für den Nahverkehr können daher zunächst (und auch später) Geräte aus dem Bereich I (= 15-cm-Bereich) eingesetzt werden, deren Entwicklung vor dem Abschluß steht. Eine kurze Beschreibung dieser Geräte folgt im Abschnitt C 4).

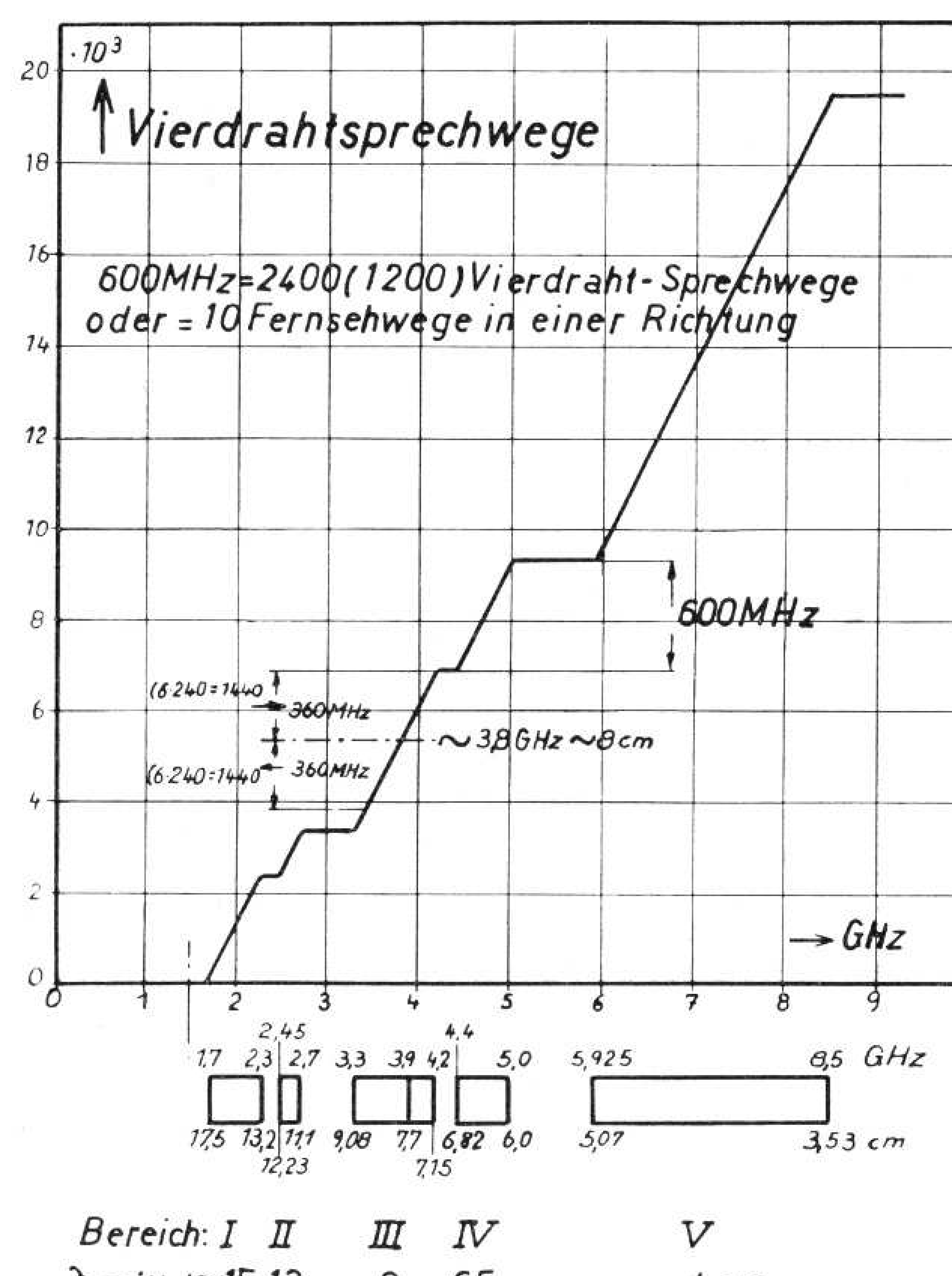


Bild 6. Wellenplan von 1,5 ... 8,5 GHz (20 ... 3,5 cm) und Zahl der möglichen Sprech- und Fernsehwege (Eingeklammerte Zahlen gelten bei einer Reichweite von 2500 km)

e) CCJF-Bestimmungen und Streckenlänge

Einen großen Einfluß auf die Länge der insgesamt zu überbrückenden Strecke haben die Bestimmungen des CCJF über den zulässigen Abstand zwischen Nutzsignal und Geräusch. Da außer den Modulationseinrichtungen an den Enden auch die Zwischenverstärker zur Erhöhung des Geräuschpegels beitragen, ist die Zahl dieser Zwischenpunkte (abgesehen bei der Pulscodemodulation) begrenzt. Nach den letzten Vereinbarungen ist für eine 2500 km lange Strecke eine Geräuschleistung von 10 000 pW bezogen auf den Pegel 0 (1 mW) zugelassen. Davon entfallen 7500 pW auf die Richtfunkstrecke für den Weitverkehr (2500 pW auf die Trägerfrequenzeinrichtungen an den beiden Enden). Bei der zugrunde gelegten Streckenlänge von 2500 km ergeben sich damit 3 pW/km. Da das Funkfeld im Durchschnitt 40 km lang ist, erhalten wir 120 pW Geräuschleistung/Funkfeld. Die Hälfte dieser Leistung kann dem Wärme- und Röhrenrauschen zugestanden werden. (Die andere Hälfte steht für das nichtlineare Nebensprechen

zur Verfügung, da hier im Gegensatz zur TF-Technik ein lineares Nebensprechen als dritte Geräuschursache nicht auftritt.)

Wir erhalten danach:

$$\frac{P_s}{P_R} = \sqrt{\frac{N_s}{N_R}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 10^{-12}}} \approx 4 \cdot 10^3 \tag{1}$$

$$b_R = \ln \frac{P_s}{P_R} = 8{,}3 \text{ Neper } (= 72 \text{ db}) \text{ pro Funkfeld.} \tag{2}$$

Dabei bedeuten:

P_s = Signalspannung $\quad N_s$ = Signalleistung
P_R = Rauschspannung $\quad N_R$ = Rauschleistung (Röhrenrauschen)
b_{R_0} = Rauschabstand in Neper (dezibel) pro Funkfeld
b_{R_g} = Rauschabstand für die gesamte Strecke (= 62 Funkfelder)

$$= 8{,}3 - {}^1/_2 \ln 62 = 6{,}2 \text{ Neper } (= 54 \text{ db}). \tag{3}$$

Während diese Bestimmungen dem V-60-System der TF-Technik entsprechen, ist eine Verminderung dieser Anforderungen im Nahverkehr möglich. In diesem Falle entspricht das PPM-24-Kanalsystem dem Z6N-TF-System.

Für den Nahverkehr über höchstens 2 Funkfelder (80 . . . 100 km) ergibt sich dann ein zulässiges Systemgeräusch von 2000 pW. (Ein Anteil für das lineare Nebensprechen zwischen den Kanälen ist hier nicht nötig.) Für ein Funkfeld erhalten wir damit eine zulässige Geräuschleistung von 1000 pW.

Danach errechnet sich der zulässige Geräuschabstand zu:

$$b'_{R_0} = \frac{1}{2} \ln \frac{N_s}{N_R} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 10^{-12}} \tag{4}$$

$$= \ln 10^3 = 6{,}9 \text{ Neper } (= 60 \text{ db})/\text{Funkfeld.}$$

Für die aus zwei Funkfeldern bestehende Strecke ergibt sich danach:

$$b'_{R_g} = 6{,}9 - {}^1/_2 \ln 2 = 6{,}5 \text{ Neper.} \tag{5}$$

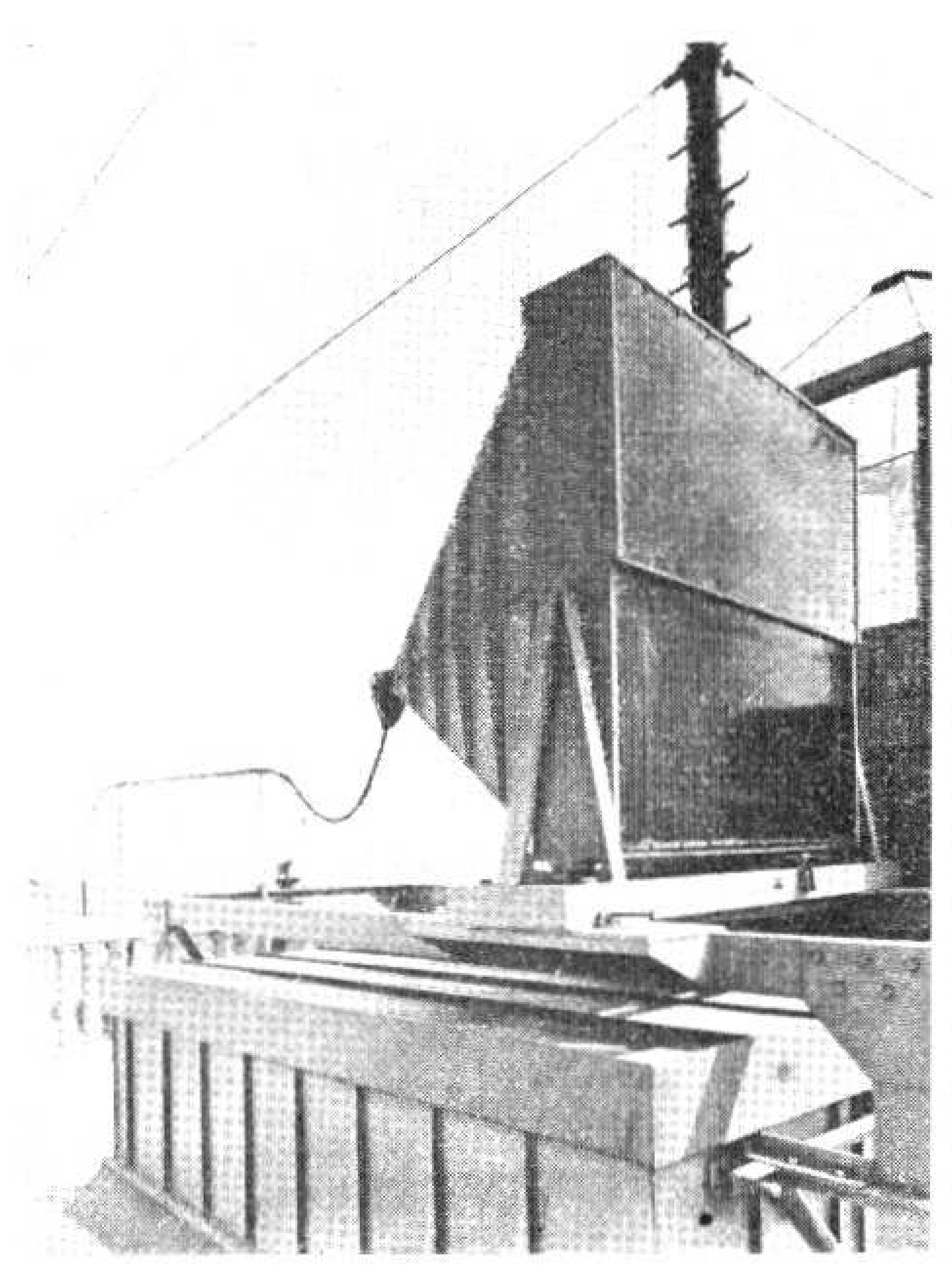
In den später gezeigten Pegeldiagrammen sind verschiedene Streckenlängen der Berechnung zugrunde gelegt (800 km und 2500 km).

2. Aufbauelemente

a) Antennen

Die Aufbauelemente eines Richtfunksystems im Bereich der Dezimeter- und Zentimeterwellen weichen von den sonst in der Funktechnik üblichen in verschiedenen Punkten ab. Bei der Kürze der Wellen ist es möglich, Antennen zu schaffen, die trotz ihrer verhältnismäßig kleinen Abmessungen (z. B. $D = 3$ m) eine gute Bündelung der Energie

in einer Richtung ermöglichen. Während man bei den längeren Dezimeterwellen (> 30 cm) die aus der Ultrakurzwellentechnik als Tannenbaumantennen bekannten Dipolwände mit Reflektoren verwendet, treten bei den Wellen unter 20 cm, die hier hauptsächlich betrachtet werden sollen, der Trichterstrahler mit Linse (Bild 7) und der Parabolspiegel (Bild 8, 9) in den Vordergrund. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieser beiden Antennenarten, die an anderen Stellen [3, 4, 5, 6, 2] bereits ausführlich beschrieben wurden, sei kurz auf die wesentlichsten Gesichtspunkte eingegangen. Die Wirkfaktoren dieser Antennen (d. h. das Verhältnis der absorbierenden zur geometrischen Fläche senkrecht



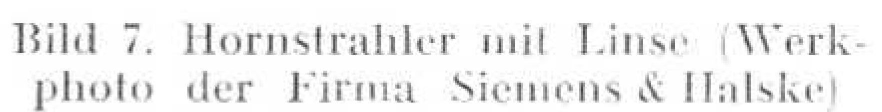


Bild 7. Hornstrahler mit Linse (Werkphoto der Firma Siemens & Halske)

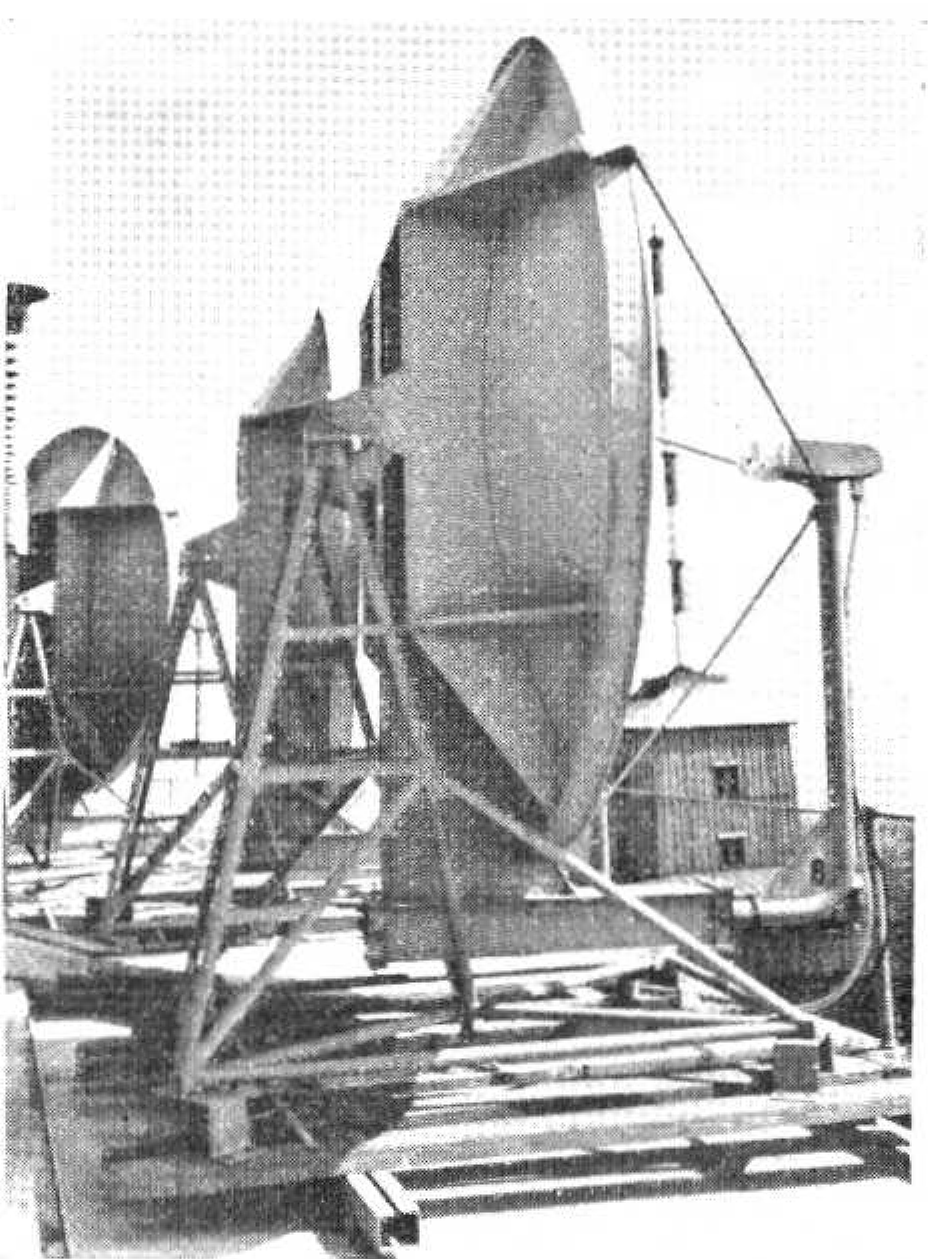


Bild 8. Parabolspiegel flacher Form mit Einspeisung von vorn (Werkphoto der Firma Telefunken)

zur Strahlrichtung) liegen zwischen 0,5 und 0,65. Bei einer Breitbandigkeit der Antennen von etwa 10 % der Trägerwellen lassen sich im allgemeinen Wirkfaktoren von 0,55 erreichen. Will man hieraus auf die Bündelungswinkel schließen, so teilt man den Flächenwirkfaktor in eine vertikale (W_H) und eine horizontale (W_E) Komponente auf, da die Fläche bei der zumeist vertikal gewählten Polarisation in der Vertikalen eine geringere Strombelegung und damit auch schwächere Bündelung als in der Horizontalen besitzt (annäherungsweise kann man bei den bisher üblichen Antennenarten mit dem Faktor $2/\pi$ rechnen). Bei einem durchgemessenen Parabolspiegel von 3 m Durchmesser ergaben sich folgende Werte:

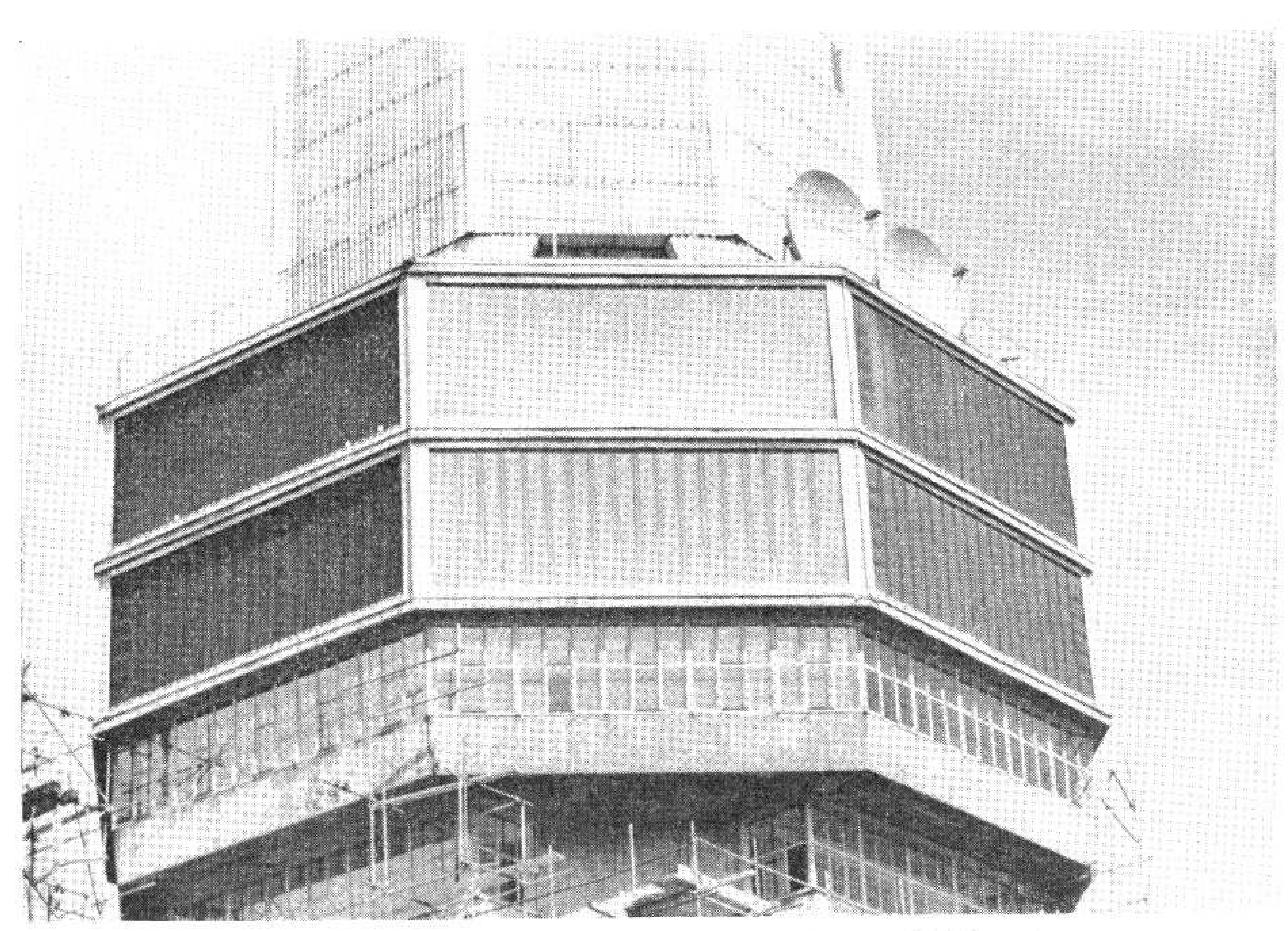


Bild 9. Aufstellung der Parabolspiegel auf dem Feldbergturm

Wirkfaktor für die kreisförmige Antennenfläche $W = 0{,}55$
Leistungshalbwertwinkel in der horizontalen E-Ebene

$$\gamma_E = 3{,}0^0 \ (\pm\ 1{,}5^0)$$

Leistungshalbwertwinkel in der vertikalen H-Ebene

$$\gamma_H = 4{,}6^0 \ (\pm\ 2{,}3^0).$$

Die Rechnung ergibt dann nach Aufteilung des Wirkfaktors W in seine beiden Komponenten W_E und W_H ($W = 0{,}93 \cdot 0{,}59 = 0{,}55$) mit guter Annäherung die Bündelungswinkel nach den Formeln:

$$\gamma_E = 51^0 \cdot 1{,}13 \cdot \frac{\lambda}{D_E} = 58^0 \cdot \frac{15}{300 \cdot 0{,}93} = 3{,}1^0 \tag{6}$$

$$\gamma_H = 51^0 \cdot 1{,}13 \cdot \frac{\lambda}{D_H} = 58^0 \cdot \frac{15}{300 \cdot 0{,}59} = 4{,}8^0 \ . \tag{7}$$

(Dabei ist $D_E = D \cdot W_E$ und $D_H = D \cdot W_H$.)

Für die quadratischen Antennenflächen der Trichterstrahler mit Linsen ergeben sich bei gleichem Wirkfaktor etwas schärfere Bündelungswinkel, wenn die Kantenlänge d gleich dem Durchmesser D des Parabolspiegels gewählt und damit eine um den Faktor ($4/\pi = 1{,}13^2$) größere Antennenfläche erzielt wird.

Geht man für den Weitverkehr auf eine Wellenlänge von rd. 7,5 cm über, so erhält man eine doppelt so starke Bündelung ($\gamma_E = \pm\ 0{,}75\ ^0$).

Eine weitere Verringerung des Bündelungswinkels (z. B. durch Vergrößerung der Antennendurchmesser) ist nicht ratsam, da sonst durch die unvermeidlichen Turmschwankungen zu starke Veränderungen der Empfangsfeldstärke entstehen [7].

Im Bild 10 sind die Streckendämpfungen und die Leistungshalbwertwinkel abhängig von der Wellenlänge λ bei verschiedenen Entfernungen und den für den Weitverkehr vorgesehenen 3-m-Antennen dargestellt. Bei einer Wellenlänge von 7,5 cm und einer Funkfeldlänge von 40 km erhalten wir danach eine Streckendämpfung von rd. 58 db ($\sim$ 6,7 Neper). (In dieser Größenordnung liegen etwa auch die Dämpfungen der Verstärkerfelder der Tf-Technik.)

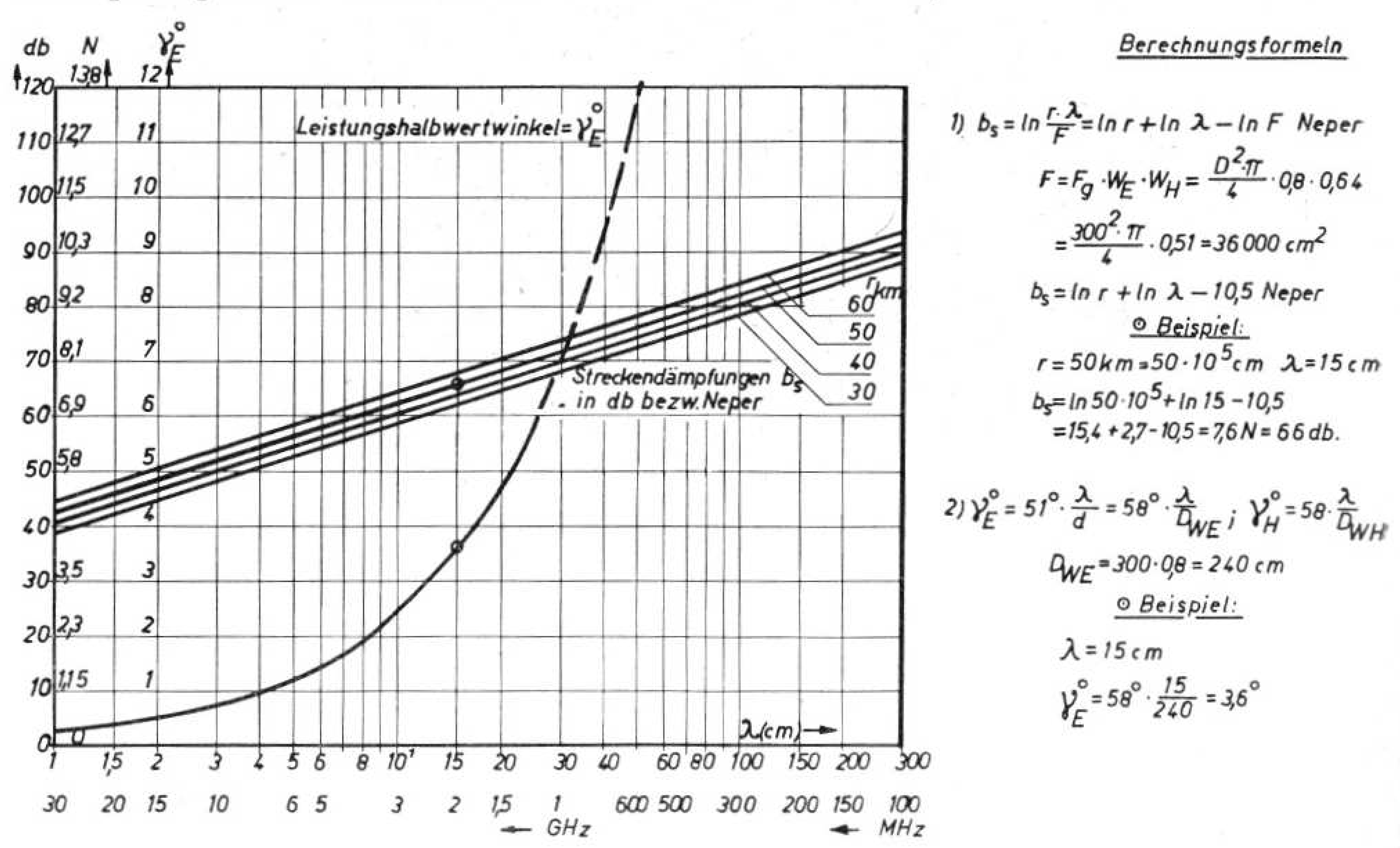


Bild 10. Streckendämpfung und Leistungshalbwertwinkel γ_E° abhängig von der Wellenlänge λ bei verschiedenen Entfernungen r_{km} und einem Antennendurchmesser von $D = 3$ m ($D_{WE} = 2{,}4$ m; $D_{WH} = 1{,}92$ m)

b) Sender und Empfänger

Die Aufgabe des Richtfunksenders ist es, den ihm zugeführten Nachrichteninhalt durch ein ihm eigentümliches Modulationsverfahren der Trägerwelle aufzudrücken. Die Zahl der möglichen Modulationsverfahren ist sehr groß, und es wird an anderer Stelle dieses Buches über die wichtigsten dieser Verfahren ausführlicher berichtet werden. Hier sei nur kurz gestreift, daß ein wesentlicher Vorteil der bei den Richtfunkgeräten angewendeten Modulationsverfahren darin besteht, eine Verbesserung des Geräuschabstandes im Austausch gegen eine Vergrößerung der Bandbreite zu erzielen. Dies ist ja nach der von

Shannon entwickelten Theorie möglich, wenn auch der praktisch erreichte Gewinn wesentlich kleiner als der theoretisch scheinbar mögliche ist. (Eine „Informationstheorie mit Verlusten" wird hier einmal eine bessere Annäherung von Theorie und Praxis gestatten.) Trotzdem ist der erzielbare Gewinn so groß, daß man einen Teil der reichlich vorhandenen Bandbreite dafür opfern kann. So erhält man z. B. bei der Pulsphasenmodulation (PPM) für den 40fachen Bandaufwand gegenüber der Einseitenbandmodulation (theoretisch günstigster Fall) einen Gewinn an Geräuschabstand von 1,82 Neper = 16 db. Bei Frequenzmodulation erreicht man denselben Gewinn mit einem geringeren Bandaufwand; er beträgt, wie das Bild 11 zeigt, „nur" das 18fache gegenüber der Einseitenbandmodulation. Bezieht man die Frequenz-

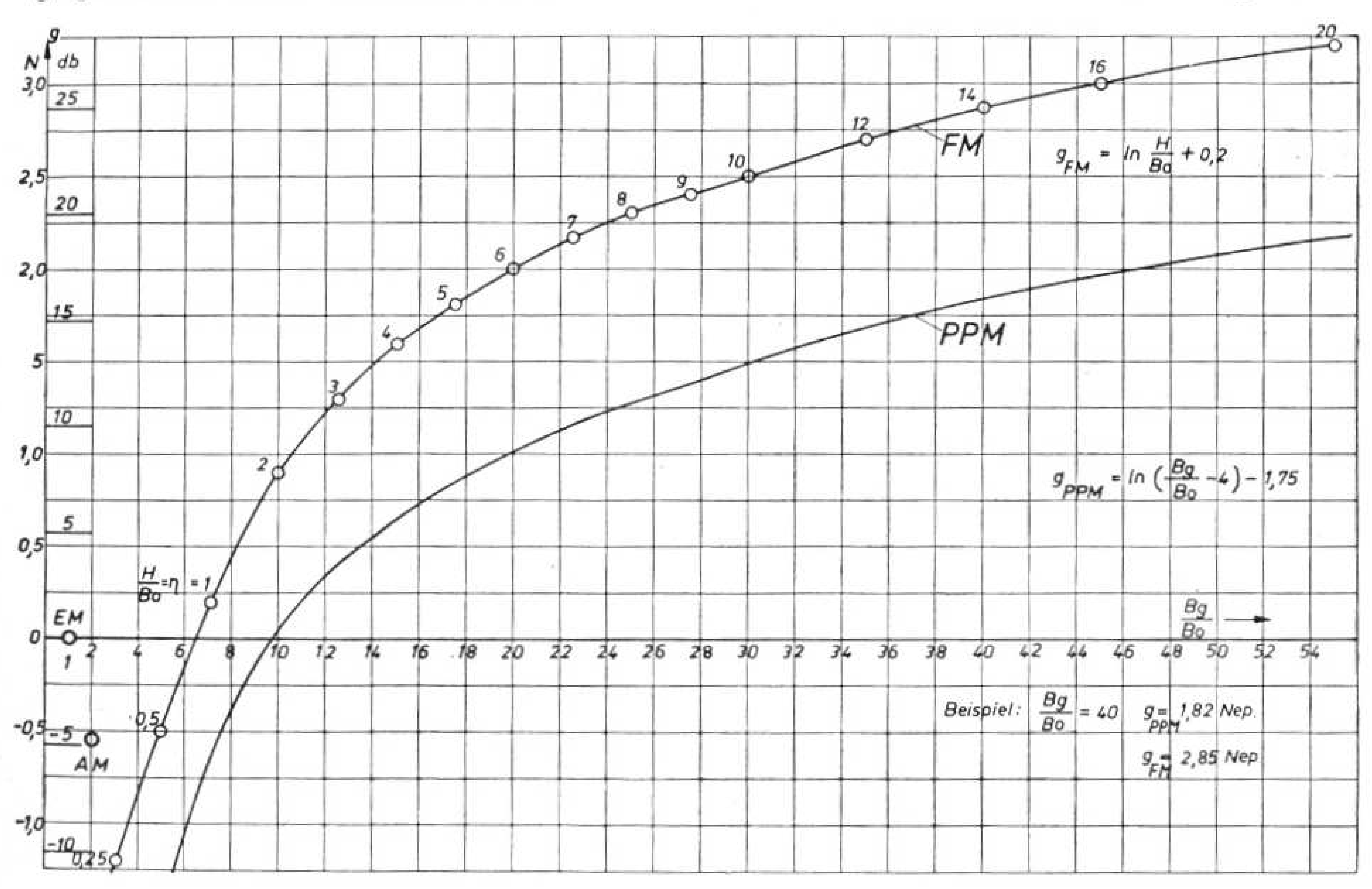


Bild 11. Rauschabstandsgewinn „g" und relativer Bandaufwand „B_g"/B_0 bei verschiedenen Modulationsarten für einen Kanal.

modulation auch auf einen Hub von 10 : 1, so erhält man den 30-fachen Bandaufwand und einen Gewinn von 2,5 Neper (~ 22 db). Der große Unterschied im Gewinn bei den beiden Modulationsarten FM und PPM bei gleichem Bandaufwand liegt in erster Linie darin begründet, daß man bei der PPM mit Rücksicht auf einen nicht zu hohen Klirrfaktor im Sprachband ($k \sim 2{,}5\,\%$) die Impulsabtastfrequenz mindestens doppelt so hoch wie die höchste zu übertragende Frequenz wählen muß (Raabesche Zahl). Damit ist die PPM von vornherein im Gewinn um den Faktor ln 2 = 0,7 [N] (= 6 db) schlechter. Dazu kommen noch andere Verluste, so daß die Gewinndifferenz praktisch rd. 1 Neper beträgt.

Als dritte für die Richtfunktechnik wichtige Modulationsart sei die Pulscodemodulation (PCM) erwähnt. Dadurch, daß es möglich ist, die Zeichen unterwegs wieder zu regenerieren, ist diese Modulationsart unabhängig von der Zahl der Funkfelder und eignet sich daher für lange Linien mit einer großen Zahl von Zwischenstellen (z. B. New York — San Franzisco — Los Angeles mit rd. 160 Zwischenstellen). Um einen genügenden Abstand vom Quantelungsrausch zu erhalten, überträgt man 128 Amplitudenstufen (d. h. Signal/Geräusch $= S/N$ $= 128 =$ rd. 5 N oder 42 db). Diese kann man mit Hilfe eines Siebenercodes ($128 = 2^7$) übermitteln. Voraussetzung ist jedoch dabei, daß ein Geräuschmindestabstand (~ 20 db) unterwegs nicht unterschritten wird.

In Deutschland sind derartige Geräte bisher nicht gebaut oder eingesetzt worden.

Neben dem Modulationsverfahren ist die L e i s t u n g ein sehr wesentlicher Punkt für den Bau des Senders. Wie die später gezeigten Pegeldiagramme für die einzelnen Richtfunksysteme zeigen, kommt man im Weitverkehr (d. h. für harte Anforderungen) mit 10 Watt Sendeleistung aus. Dabei ist in dieser Leistung eine Sicherheit von 20 db für Schwund und Gerätetoleranzen enthalten. Für den Nah- und Bezirksverkehr liegt die Leistung bei 1 Watt. Sie kann in Ausnahmefällen sogar herunter bis 0,1 Watt vermindert werden. Die 10-Watt-Sender erfordern im allgemeinen noch eine besondere Luftkühlung. Als Senderöhre wird z. Z. die amerikanische Röhre 2 C 39 A verwendet. Diese gibt bei einer Wellenlänge von 15 cm bei Hochtastung nur etwa 3—5 Watt integrierte Leistung ab, wenn ihre Lebensdauer nicht zu sehr vermindert werden soll. Bei Frequenzmodulation beträgt die Dauerleistung bei $\lambda = 15$ cm bis zu 10 Watt. Die gesamte von einem S e n d e r a u f g e n o m m e n e L e i s t u n g liegt je nach der Geräteart heute noch für Sender und Empfänger in der Größenordnung von 1 . . . 3 kW.

Die F r e q u e n z k o n s t a n z der Sender soll möglichst groß sein, um gegenseitige Störungen benachbarter Sender (z. B. durch Oberwellen) zu vermeiden. Ferner kann dann auch die Bandbreite des Empfängers schmaler gehalten werden, was zu einer Verminderung des Rauschens führt. Die z. Z. bei den Richtfunkgeräten erzielte Frequenzkonstanz hat den Wert von etwa $2 \cdot 10^{-6}$/Grad Celsius. Sie wird erreicht durch einen versilberten Topfkreis aus Invarstahl. Die Wirksamkeit der Frequenznachstellung, die von der Dämpfung des Topfkreises abhängt, wurde auf $\pm$ 5 MHz festgelegt [9].

Als wichtigste Größe des E m p f ä n g e r s ist der K T - W e r t zu bezeichnen. Er gibt an, um wievielmal der Empfänger stärker rauscht als der ideale Empfänger mit dem KT-Wert $n = 1$. Die augenblicklich günstigsten Werte liegen zwischen $n = 10$ bis $n = 20$. Ein Auswandern dieser Werte durch Altern der Röhren (oder des Mischkristalles) bis $n = 50$ kann eintreten, sollte aber durch rechtzeitigen Röhrenwechsel vermieden werden. Die Bedeutung der KT-Zahl ergibt

sich daraus, daß eine Verminderung dieser Rauschleistungszahl beim Empfänger, z. B. auf die Hälfte, es ermöglicht, die Sendeleistung, die man ja zu senken bestrebt ist, ebenfalls auf die Hälfte zu verringern. Der stärkste Rauschanteil entsteht im Empfänger in der Mischstufe, die meist aus einem Detektor besteht (ggf. auch die Röhre 416 A bis herunter zu 10 cm Wellenlänge).

Der hochfrequente Schaltungsteil des Empfängers ist allgemein als Superhet ausgeführt, an den sich dann je nach der Geräteart der Demodulationsteil anschließt.

Sender und Empfänger sind *in Gestellen* untergebracht, die sich weitgehend den in der Tf-Technik üblichen Formen und Abmessungen anpassen.

c) Energieleitungen

Zur Verbindung der Antennen mit den Sendern und den Empfängern dienen die *Energieleitungen*. Diese können, wie im Bild 12 dargestellt ist, ganz verschiedenartige Formen besitzen. Am bekanntesten ist das *Koaxialkabel*, das heute bereits etwa bis zu 10 cm

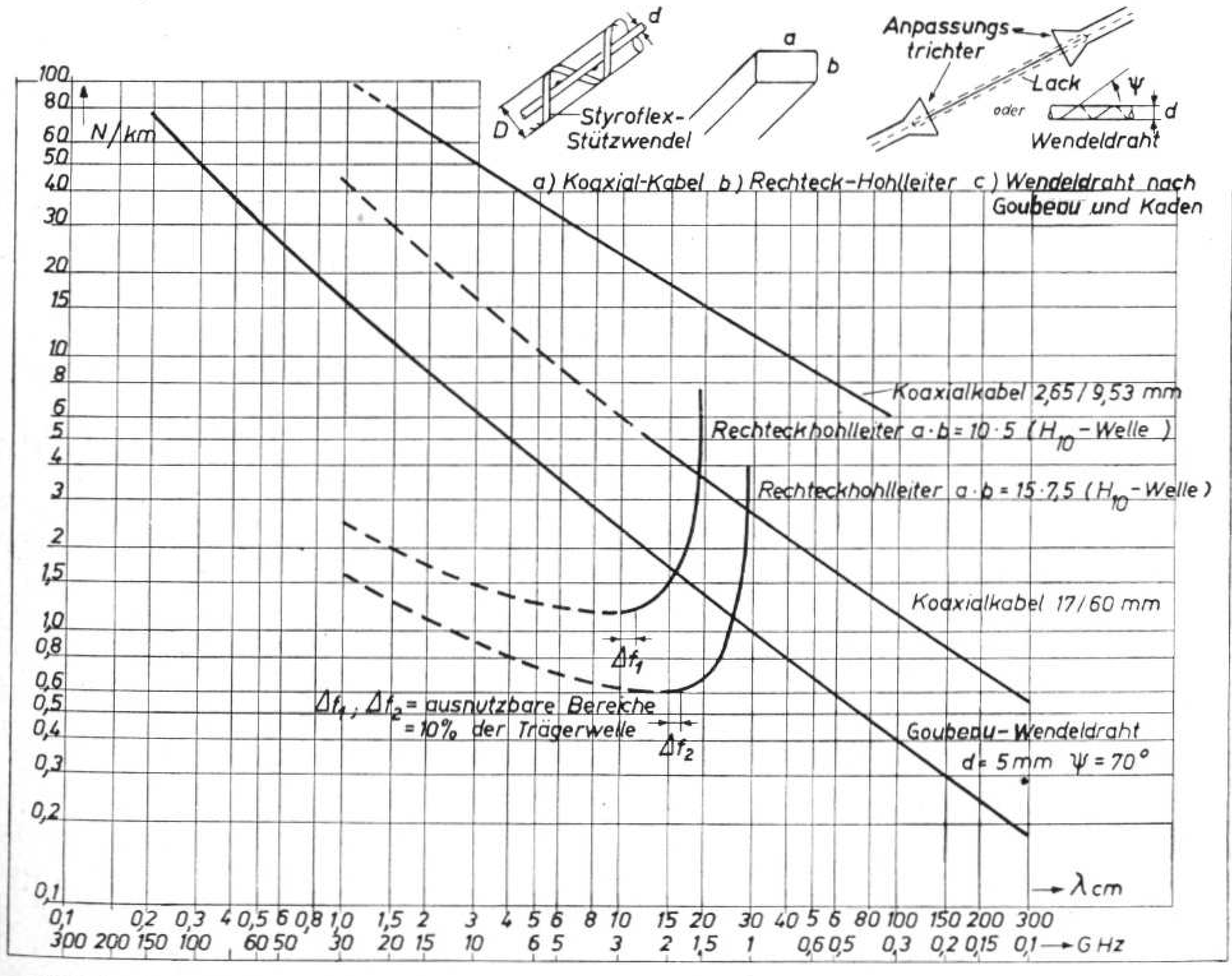


Bild 12. Vergleich des Dämpfungsverlaufes von Koaxialkabeln mit Rechteckhohlleitern (H_{10}-Welle) und Wendeldraht nach Goubeau und Kaden

Wellenlänge herunter verwendet werden kann. Es hat den Vorzug einer verhältnismäßig guten Phasenlinearität, da es keine Grenzfrequenz besitzt. Die hohe kilometrische Dämpfung fällt dabei nicht so sehr ins Gewicht, da die Energieleitungen so kurz wie nur irgendmöglich gehalten werden.

Die Dämpfung der Rechteck-Hohlleiter ist dagegen wesentlich niedriger. Doch haben diese infolge ihrer Grenzfrequenz eine sehr starke Phasenverzerrung. Die Laufzeitdifferenz ist bei günstigster Dimensionierung der Form und des Betriebsbereiches des Hohlleiters noch so groß, daß bei den notwendigen Längen selbst bei einem Phasenausgleich mit einer unzulässigen Überschreitung der hierdurch verursachten nichtlinearen Verzerrungen zu rechnen ist [8]. Man kann zwar diese ungünstigen Folgen der Laufzeitdifferenz vermindern, indem man die Energieleitungen mindestens auf einer Seite sehr gut anpaßt. Da diese Anpassung aber sehr breitbandig sein muß (~ 10 % der Trägerwelle), ist diese Bedingung mit einer ausreichenden Toleranz für den Betrieb z. Z. noch sehr schwer erfüllbar. Auch hier bringt natürlich eine weitgehende Verkürzung der Energieleitungen eine spürbare Erleichterung des Problems.

Eine dritte Möglichkeit der Energieübertragung bietet der Goubeau-Draht. Er hat eine geringe Phasenverzerrung und eine niedrige Dämpfung. Doch bieten sich hier Schwierigkeiten bei der Leitungsführung.

Als vierte Möglichkeit sei die Strahlübertragung genannt. Diese gestattet z. B. einen durch einen Trichter mit Linse vorgebündelten Strahl vom Gerät, das sich am Boden befindet, in den Sektor eines Parabolspiegels auf dem Turme hineinzuführen und als ebene Welle auszusenden. Dabei ergibt sich noch der Vorteil, daß Reflexionen des Parabolspiegels in die Speiseleitung vermieden werden. Das Verfahren ist jedoch leider nur bis zu Entfernungen von etwa 15 m zwischen Antenne und Gerät durchzuführen, da sonst sowohl der Bündelungstrichter als auch der Parabol-Sektor zu große Formen annehmen.

In dem Bereich von 15 cm Wellenlänge liefert z. Z. das Koaxialkabel die besten Betriebsbedingungen. Anzustreben wäre es, daß Koaxialkabel in seinem Aufbau so zu bemessen, daß es auch zunächst bis herunter zu 7 cm und später bis 3,5 cm verwendbar wird. Die Schwierigkeit liegt hierbei darin, das Kabel z. B. beim Aufbau mit Schaumstoffen genügend homogen zu gestalten. Die Wellenwiderstandschwankungen sollen dann in einem Bereich von 10 % der Trägerwelle den Wert von 1 % nicht wesentlich überschreiten.

3. Verschiedene Richtfunksysteme

Nach dem heutigen Stande der Technik unterscheiden wir je nach der angewendeten Modulationsart und der Zahl oder Breite der zu übertragenden Kanäle hauptsächlich 4 verschiedene Richtfunksysteme.

a) Das PPM-24-Kanalsystem

Als erstes System, für das bereits zwei Entwicklungsmuster [9, 10] vorliegen, sei das PPM-24(22/23)-Kanalsystem mit Pulsphasenmodulation genannt. Dieses arbeitet nach einem Zeitselektionsverfahren und gestattet, wie die vorausgeschickten Zahlen erkennen lassen, 24 Kanäle und davon einen Synchronisierkanal sowie einen Dienstkanal zu übertragen. Wird der letztere weggelassen oder z. B. auch durch Frequenzmodulation überlagert, so stehen statt 22 Kanäle 23 dem Betrieb zur Verfügung. Die Auslenkung des Impulses aus seiner Ruhelage durch die Modulationsspannung ist in Bild 13 dargestellt (Puls-

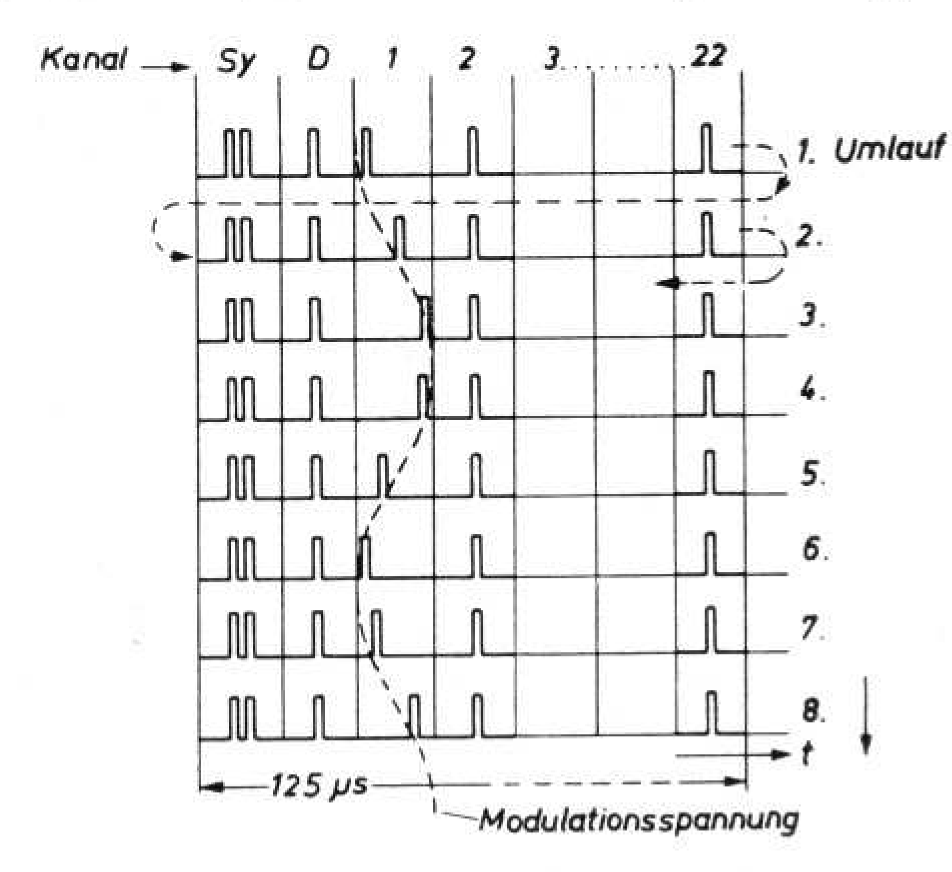


Bild 13. Pulsverlagerung beim 24-(22)PPM-Kanalsystem im 1. Kanal
Sy = Synchronisier-(Doppel-)Impuls
D = Dienstkanal

lagemodulation). Dieses System bietet folgende Vorteile: da an Stelle der Bandselektion die Zeitselektion getreten ist, fallen die kostspieligen Bandfiltersätze weg. Dafür ist im Augenblick zwar ein etwas größerer Aufwand an Röhren für die Impulstechnik notwendig. Nach Einführung der Richtleiter und Transistoren fällt dies jedoch künftig vielleicht nicht mehr ins Gewicht.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, den Ruf, die Wählvorgänge und die sonstigen Kennzeichen ohne Umsetzung in Tonfrequenzzeichen übertragen zu können, da alle zu übertragenden Wählimpulse oder Zeichen durch eine einseitige Verlagerung des Kanalimpulses ausgedrückt werden, die durch die Sprache in dieser Form niemals entstehen kann. Hiermit ist eine vor Sprachbeeinflussung sichere Zeichenübertragung gewährleistet und die Anwendung teuerer Tonfrequenzübertragungen vermieden.

Zur Übertragung von 24 Kanälen wird bei dem einen Entwicklungsmuster eine HF-Bandbreite von rd. 12 MHz Halbwertsbreite zur Verfügung gestellt. Die Antenne vermag bei einer Breitbandigkeit von 10 % der Trägerwelle ohne weiteres ein Band von 200 MHz im Bereich I (2000 MHz = 15 cm) abzustrahlen bzw. aufzunehmen. Man kann daher unter Zuhilfenahme von Hochfrequenzweichen (Hohlraumresonatoren) mit einer einzigen Antenne gleichzeitig senden und emp-

fangen und dabei sogar bis zu 4 Sender oder 4 Empfänger auf einer Antenne vereinigen. Dies bedeutet, daß die allgemein mit dieser Technik nun einmal verbundenen Hochbaukosten für die Anbringung der Antenne verhältnismäßig niedrig bleiben.

Auch die Antennendurchmesser können im Bezirksverkehr also bis zu etwa 120 km Länge, d. h. bei nur 3 Funkfeldlängen, kleiner (etwa 2 m statt 3 m) gehalten werden, da die den bisherigen Berechnungen zugrunde gelegten Entfernungen rd. 800 km = 20 Funkfeldlängen betragen. Eine weitere Verringerung des Antennendurchmessers und der Sendeleistung (0,1 . . . 1 Watt statt bisher 10 Watt) wird beim Übergang auf die kürzeren Wellen des Bereiches V möglich sein. Dies ergibt sich einmal aus der Formel für die Streckendämpfung $b_s = \ln r \cdot \lambda/F$ und zum anderen aus der bei kürzeren Funkfeldlängen ($r \leqq 40$ km) wesentlich verminderten Schwundgefahr. Man wird dann in den meisten Fällen die bisherige Schwundsicherheit + Toleranz von 20 db auf 10 db vermindern können. Auf diese Weise kann man dann auch ein billigeres Senderohr mit einer hohen Lebensdauer ($\geq$ 10 000 Std.) verwenden, wodurch die Betriebssicherheit wesentlich erhöht und die Betriebskosten in die Größenordnung der TF-Geräte gesenkt werden können.

Die besondere Aufmerksamkeit gilt auch dem KT-Wert der Empfänger, da die Verringerung dieses Wertes ebenfalls eine Verkleinerung der Sendeleistung ermöglicht. Durch Anwendung von hochwertigen Mischdetektoren ist es allerdings schon gelungen, auch im Wellengebiet des Bereiches V KT-Werte von $n = 10$ zu erreichen. Über die zeitliche Konstanz liegen jedoch noch keine eigenen Erfahrungen vor. Eine wesentliche Verminderung dieses Wertes ist in nächster Zeit kaum zu erwarten. Zum Vergleich sei angegeben, daß bei dem ehemaligen „Michael-Gerät" ein KT-Wert von $n = 120$ als günstig bezeichnet wurde. Die Trägerfrequenztechnik erreicht dagegen in dem wesentlich niedrigeren Frequenzbereich den theoretisch niedrigsten KT-Wert von $n = 1$ mit großer Annäherung.

Als Nachteil dieses PPM-24(22/23)-Kanalsystems ist die bereits anfangs erwähnte Notwendigkeit der „freien optischen Sicht" zwischen den Antennen zu erwähnen. Damit ist die Anwendungsmöglichkeit im allgemeinen auf die Verbindung solcher Ämter beschränkt, die geographisch so günstig liegen, daß keine hohen Türme notwendig werden, um die optische Sichtbedingung zu erfüllen. Bei Entfernungen von 20 . . . 40 km genügen selbst bei vorwiegend flachem Gelände Antennenhöhen von 37 . . . 54 m, die oft schon durch die Lage der Gebäude im Gelände gegeben sind. Allerdings dürfen sich dann zwischen den beiden Ämtern keine Sichthindernisse in Form von Bergen oder Gebäuden befinden. Liegen ein Amt oder gar beide in einem Tal, so dürfte eine Relaisstation auf einem Berg dazwischen mit guter optischer Sicht nach beiden Ämtern erst dann lohnen, wenn die Entfernung zwischen den Ämtern mehr als 40 km beträgt und die Unterbringung der Relais-

station nur geringe Hochbaukosten verursacht. Im allgemeinen wird man in solchen Fällen eine reine Kabelverbindung oder die trägerfrequente Ausnutzung eines Kabels vorziehen.

In Grenzfällen, bei denen die freie optische Sicht (Bedingung: Erstes Fresnelgebiet frei von Sichthindernissen) nicht ausreichend möglich ist (z. B. nur streifende Sicht), kann durch Anwendung des PPM-24-Kanalsystems in einem längerwelligen Bereich (235 . . . 328,6 MHz bzw. 128 . . . 91,5 cm) u. U. eine Relaissation eingespart werden. Mit Rücksicht auf die geringere Bündelung ist dann allerdings die Sende-

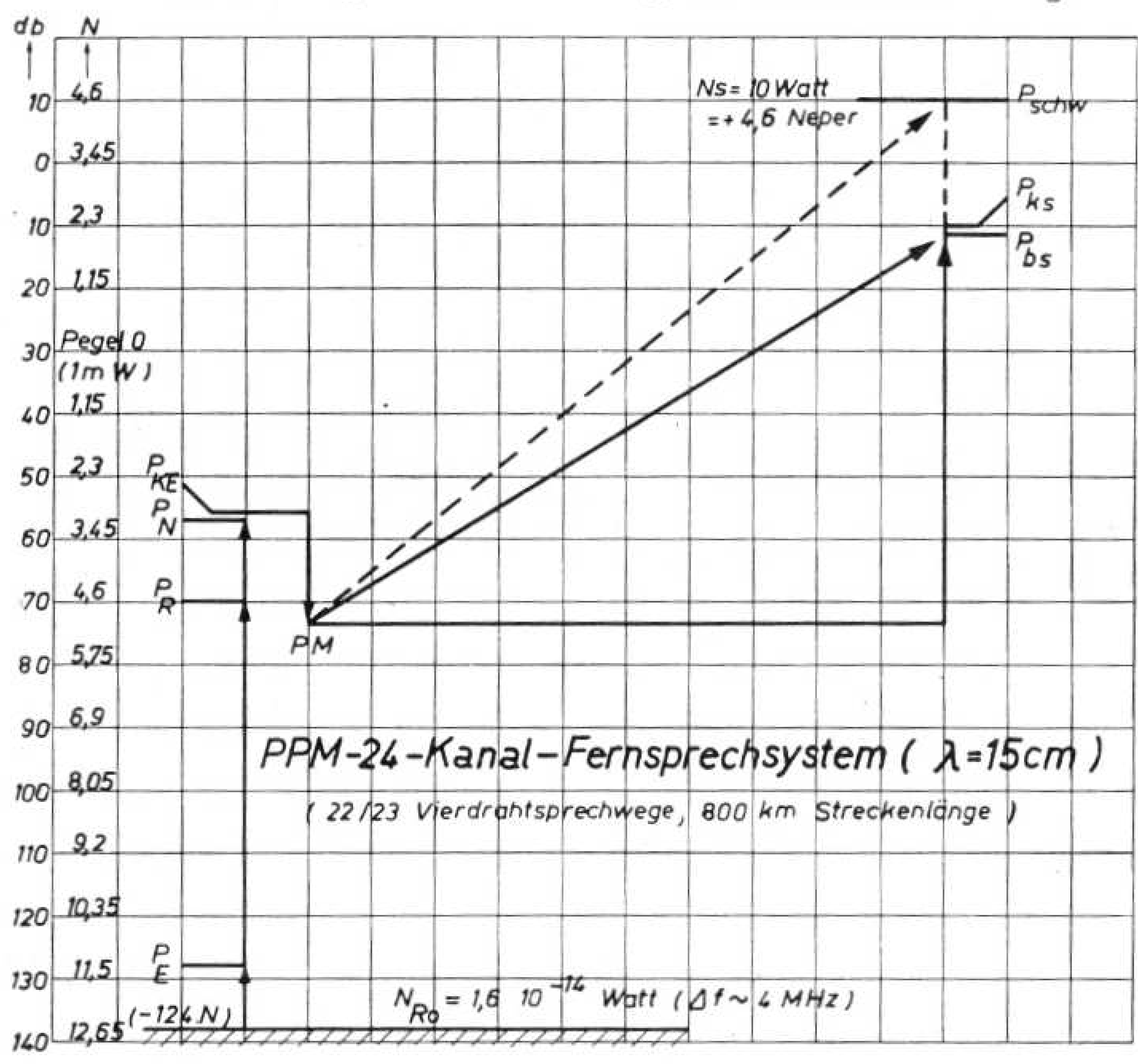


Bild 14. Pegeldiagramm eines Funkfeldes einer Richtfunklinie für ein PPM-24-Kanal-Fernsprechsystem.

Funkfeldlänge 40 km; Streckenlänge 800 km; $\lambda = 15$ cm; $B_g = 4$ MHz

Es bedeuten:

		db
N_{RO}	= Grundrauschwert = $4 \cdot 10^{-21} \cdot 3{,}84 \cdot 10^{6} = 1{,}6 \cdot 10^{-14}$ Watt	
P_E	= Empfängerrauschwert ($n = 10$)	10,0
P_R	= Rauschabstand für den Grundrausch = 6,7 Neper	58,0
P_N	= Stationszahlfaktor (N = 20)	13,0
P_{KE}	= Verluste in der Energieleitung d. Empf. und der Stoßstelle	1
$P_{M\,(S+E)}$	= Verbesserungsfaktor durch Modulation (PPM)	— 16
P_{bs}	= Streckendämpfung — Antennengewinn (40 km)	61
P_{ks}	= Verluste in der Energieleitung des Senders und der Stoßstelle	1
P_{schw}	= Verluste durch Schwund (nur zeitweilig) und Toleranz	20,0
		148

Sendeleistung $N_s = 1{,}2 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{14{,}8} \simeq 10$ Watt

leistung etwas größer (50 . . . 100 Watt), was jedoch röhrenmäßig keine besonderen Schwierigkeiten macht.

Ferner ist noch darauf hinzuweisen, daß es möglich ist, dieses Impulssystem zunächst auch nur als 12(11)-Kanalsystem aufzubauen und erst bei einer notwendigen Erweiterung durch eine zweite Zwölfergruppe zu ergänzen. Eine Durchrechnung der einzelnen Bestimmungsgrößen des PPM-24-Kanalsystems führte zu dem Pegeldiagramm Bild 14, das an anderer Stelle [11, 12] ausführlicher erläutert ist.

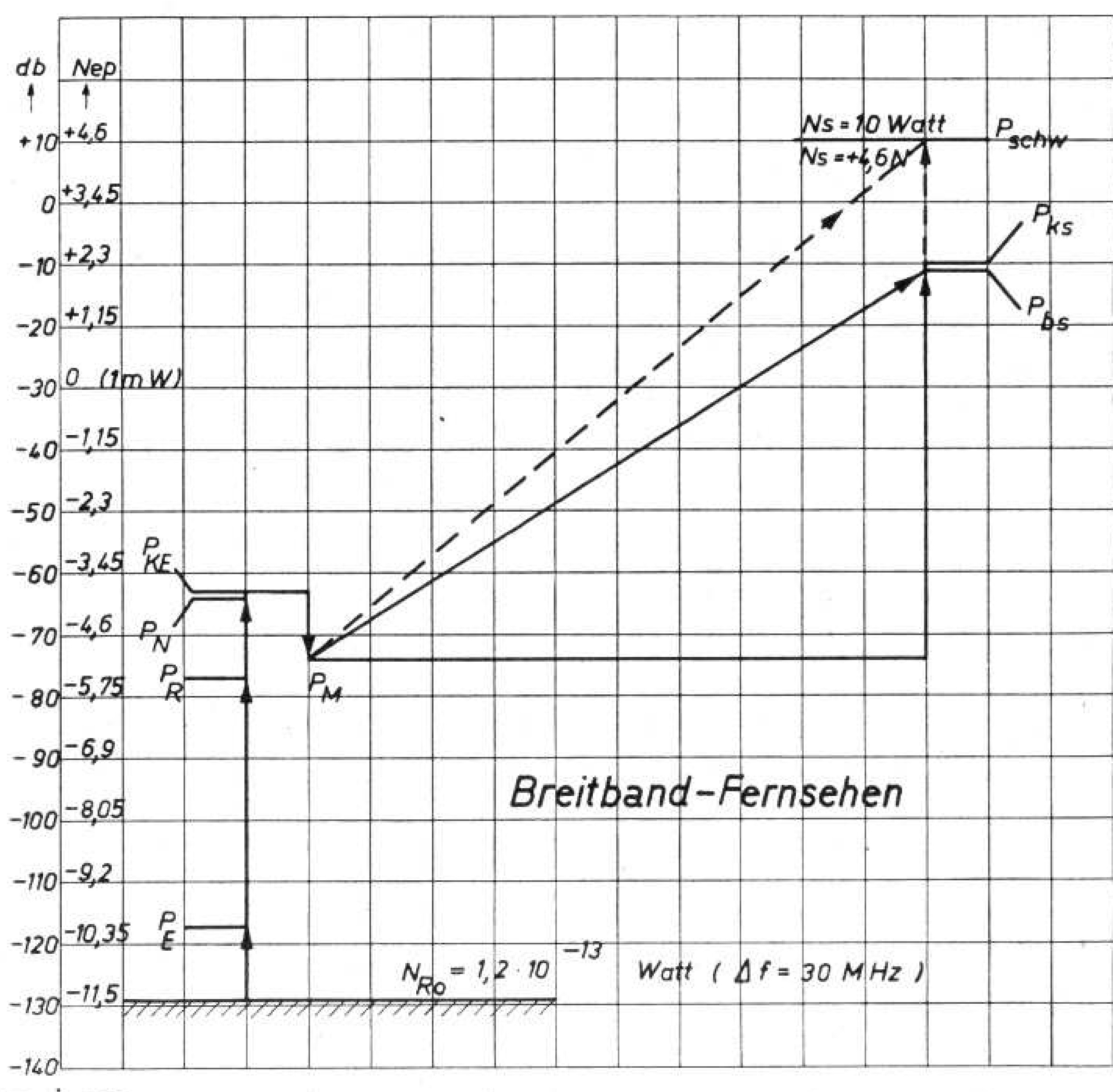


Bild 15. Pegeldiagramm eines Funkfeldes einer Richtfunklinie für ein Breitband (6 MHz) Fernsehsystem

(Funkfeldlänge 40 km, Streckenlänge 800 km; $\lambda = 15$ cm; $B_g = 30$ MHz)

Es bedeuten:

		db
N_{Ro}	= Grundrauschwert des Fernsehkanals $= 4 \cdot 10^{-21} \cdot 30 \cdot 10^6 = 1,2 \cdot 10^{-13}$ Watt	
P_E	= Empfängerrauschwert ($n = 15$)	12
P_R	= Rauschabstand für den Grundrausch (40 db)	40
P_N	= Stationszahlfaktor ($N = 20$) $= \frac{1}{2} \ln 20 = 1,5$ N	13
P_{KE}	= Verluste in der Energieleitung des Empf. und der Stoßstelle	1
$P_{M\,(S+E)}$	= Modulationsgewinn mit Vorbetonung (Preemphasis) (1,3 Nep)	—11
P_{bs}	= Streckendämpfung — Antennengewinn ($r = 40$ km; $\lambda = 15$ cm)	63
P_{ks}	= Verluste in der Energieleitung des Senders und der Stoßstelle	1
P_{schw}	= Verluste durch Schwund (nur zeitweilig) und Toleranzen	20
	Sendeleistung $N_s = 1,2 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{13,9} \cong 10$ Watt	139

b) Das FM-Breitband-(6 MHz-)Fernsehsystem

Zur Übertragung eines Fernsehbildes von 625 Zeilen mit einem Bildformat 4×3 und 25 Bildern/s ist eine Bandbreite von rd. 6 MHz erforderlich. Das hierzu notwendige Richtfunkgerät muß folgenden Bedingungen genügen. Der Geräuschabstand zwischen dem Signal und der Störspannung soll mindestens 50 db in 99 % der Zeit betragen. Dabei wird das Signal zwischen Schwarz- und Weißpegel und die Störspannung von positiver zu negativer Spitze gemessen. Die Bandbreite des Senders, der frequenzmoduliert mit 2 Seitenbändern betrieben wird, beträgt bei einem Hubverhältnis von 1 : 1 und einem Abstand der Grenzfrequenz von 1,25 rd. 30 MHz $= (6 + 6) \cdot 2 \cdot 1{,}25$ MHz. Zur Vermeidung von Störungen durch Spiegelfrequenzen usw. kommt hierzu ein Sicherheitsabstand von 30 MHz. Die Abstände der Bandmitten be-

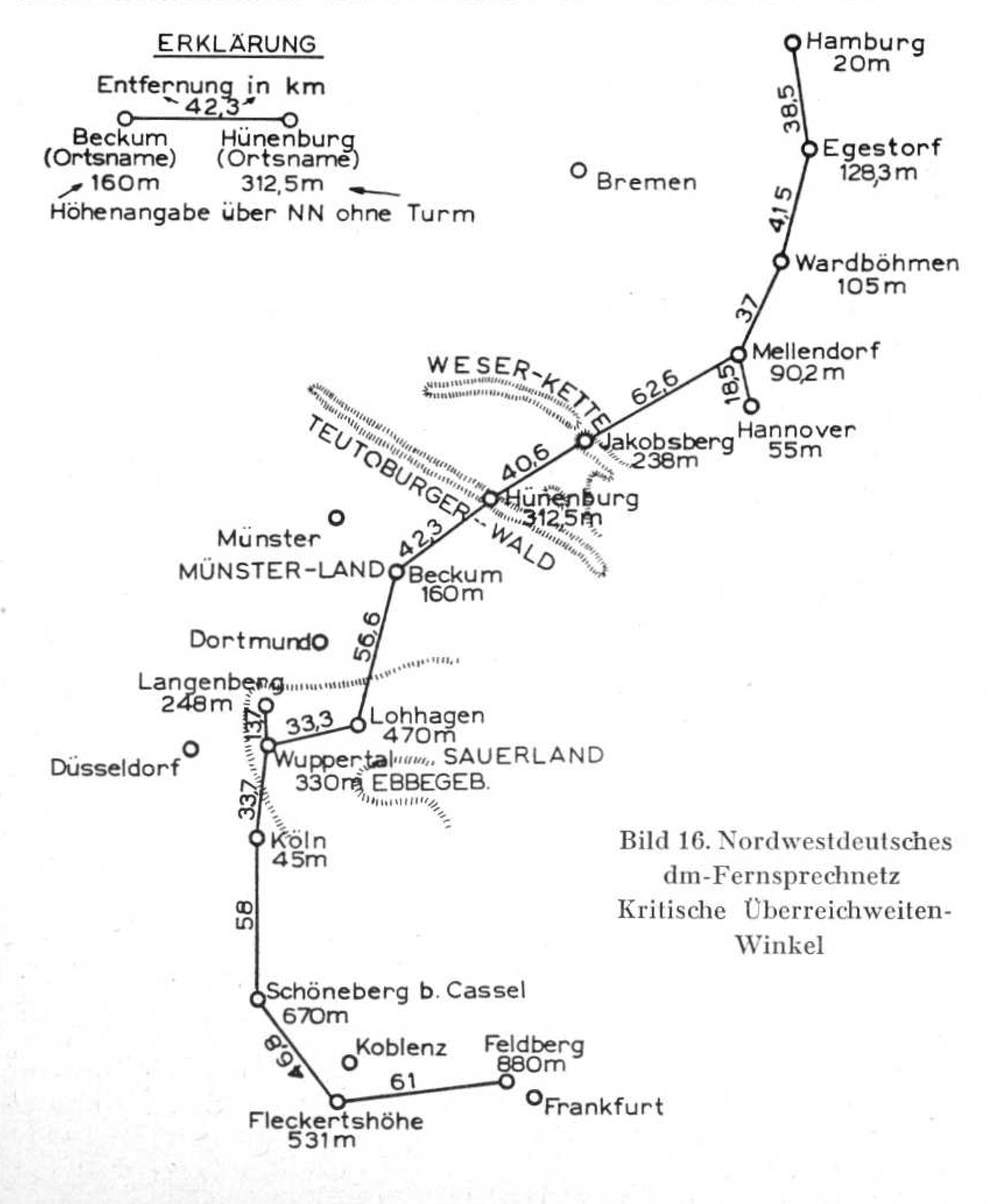


Bild 16. Nordwestdeutsches dm-Fernsprechnetz Kritische Überreichweiten-Winkel

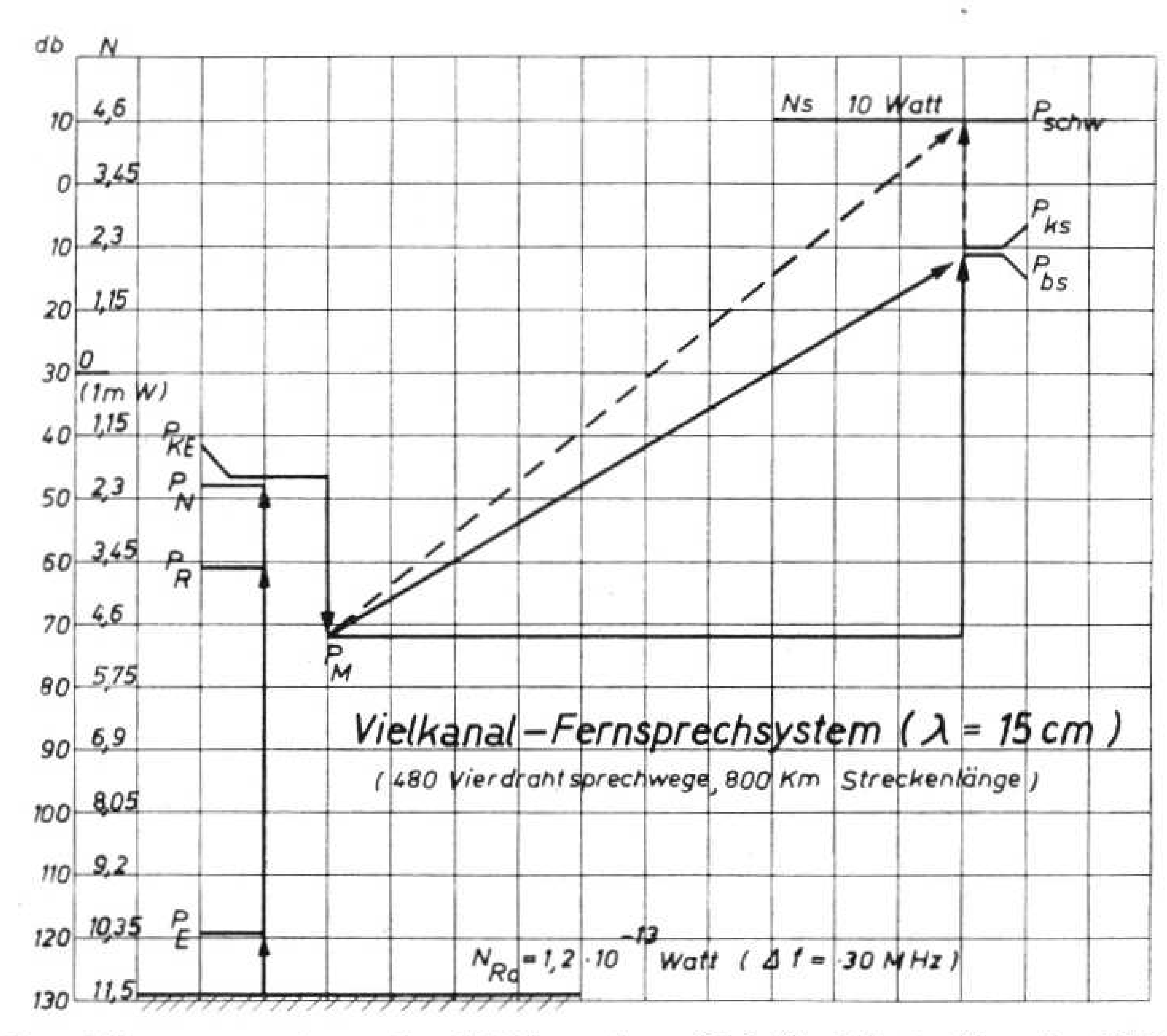


Bild 17. Pegeldiagramm eines Funkfeldes einer Richtfunklinie für ein FM-Vielkanal (2 · 240) Fernsprechsystem

(Funkfeldlänge 40 km, Streckenlänge 800 km; $\lambda = 15$ cm; $B_g = 30$ MHz)

N_{Ro}	= Grundrauschwert des Vielband-Fernsprechkanals	
	$= 4 \cdot 10^{-21} \cdot 30 \cdot 10^6 = 1{,}2 \cdot 10^{-13}$ Watt	db
P_E	= Empfängerrauschwert ($n = 10$)	10
P_R	= Rauschabstand für den Grundrausch = 6,7 Neper = 58 db	58
P_N	= Stationsfaktor (N = 20, r = 800 km)	
	$= \frac{1}{2} \ln 20 = 1{,}5$ Neper	13
P_{KE}	= Verluste in der Energieleitung des Empf. und der Stoßstelle	1
P_M	= Verbesserungsfaktor durch Modulation (mit Preemphasis) $g_m = 2{,}85$	—25
P_{bs}	= Streckendämpfung — Antennengewinn (r = 40 km, λ = 15 cm)	61
P_{ks}	= Verluste in der Energieleitung des Senders und der Stoßstelle	1
P_{schw}	= Verluste durch Schwund (nur zeitweilig) und Toleranz	20
		139

Sendeleistung $N_s = 1{,}2 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{13{,}9} \simeq 10$ Watt

tragen dann vom Sender zum Empfänger je 60 und von Sender zu Sender je 120 MHz.

Die Sendeleistung beträgt rd. 10 Watt bei einer Wellenlänge von $\lambda = 15$ cm. Da die Leistung der 2 C 39 A nicht ganz ausreicht, wird später voraussichtlich eine Wanderfeldröhre mit 10 Watt Leistung als Senderohr verwendet werden. Alle übrigen Eigenschaften dieses Systems lassen sich aus dem Pegeldiagramm des Bildes 15 entnehmen (s. a. [12]). Als Antennen werden Parabolspiegel von 3 m Durchmesser verwendet werden.

Der erste Einsatz dieses FM-Breitband-Fernsehsystems erfolgt auf der Strecke Köln—Hamburg. Die Einzelheiten der Streckenführung gehen aus dem Bild 16 hervor. Mit dem Versuchsbetrieb wird nach Erstellung der Türme etwa Ende des Jahres 1952 begonnen werden. Daran wird sich der Ausbau der Strecke Köln—Frankfurt anschließen.

c) Das FM-Vielkanal-Fernsprechsystem für $\lambda = 15$ cm

Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Fernsehübertragungsstrecke soll über dieselben Antennen mit Hilfe von Hochfrequenzweichen auch ein FM-Vielkanal-Fernsprechsystem betrieben werden. Auch hier gibt das Pegeldiagramm näheren Aufschluß über die Einzelwerte (Bild 17). Im Bereich I des Wellenplanes ($\lambda_m = 15$ cm) können dann noch neben 6 Fernsehprogrammen in einer Richtung (bzw. 3 Fernsehprogrammen in beiden Richtungen) 480 Vierdrahtsprechwege (= 2 Sender und 2 Empfänger zu je 240 Sprechwegen) von Frankfurt nach Hamburg durchgebracht werden. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit, unterwegs Abgänge, z. B. in Köln, vorzusehen. Da als TF-Einrichtungen die Weitverkehrs-TF-Systeme verwendet werden sollen, lassen sich leicht kleinere Leitungsbündel schalten.

Auch hier wird die Sendeleistung etwa 10 Watt betragen. Das System befindet sich bereits in der Entwicklung. Die an die Modulation und Demodulation gestellten Anforderungen sind außergewöhnlich hoch. Wenn es gelingt, die Linearitätsbedingungen über das vorgesehene Maß zu steigern, wird es voraussichtlich möglich sein, später noch mehr Gespräche zu übertragen.

d) Das FM-Vielkanal-Fernsprechsystem für den Weitverkehr für $\lambda = 7{,}5$ cm

Neben dieser Entwicklung im Bereich I laufen die Untersuchungen, auch den Bereich III ($\lambda_m = 8$ cm) für FM-Vielkanal-Fernsprechsysteme zu erschließen. Durch das breite Band und die bessere Bündelungsmöglichkeit infolge des günstigeren Antennenbeiwertes kann man die Gesprächszahl auf 1440 (mit 6 Sendern zu 240 Gesprächen) und die Reichweite auf 2500 km erhöhen. Das Pegeldiagramm ist in Bild 18 dargestellt.

4. Planung der Strecken

Über die Planung der Strecken ist bereits an anderen Stellen [13, 14, 15, 16] ausführlich berichtet worden. Darum sollen hier nur die wichtigsten Gesichtspunkte zusammengefaßt werden.

a) Streckenführung und Überreichweiten

Vom physikalischen Standpunkt aus muß die Streckenplanung zwei Bedingungen berücksichtigen. Einmal ist die günstigste Reichweite bei freier optischer Sicht zu ermitteln. Dies ist im allgemeinen

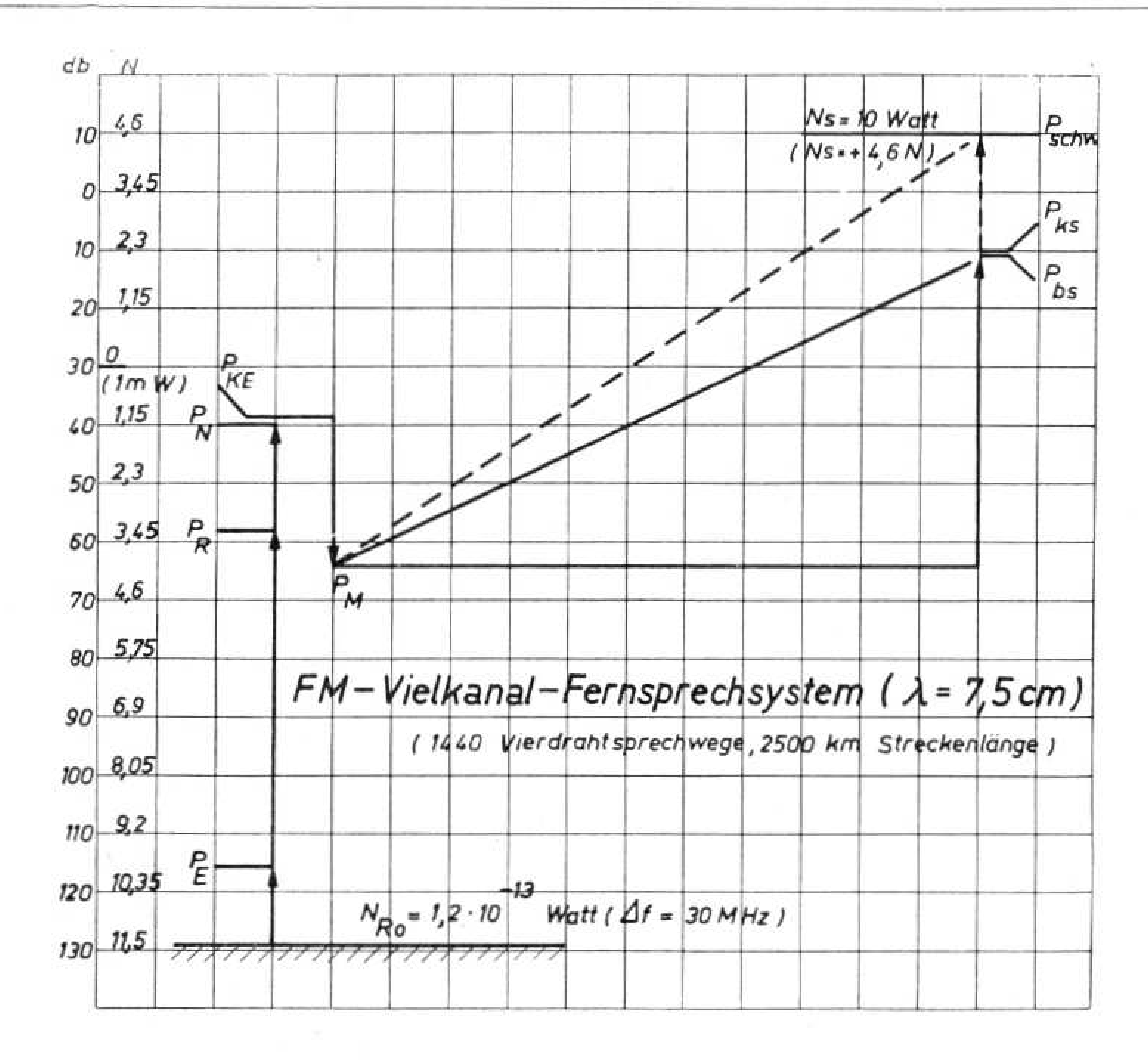


Bild 18. Pegeldiagramm eines Funkfeldes einer Richtfunklinie für ein FM-Vielkanal (6 · 240) Fernsprechsystem
(Funkfeldlänge 40 km, Streckenlänge 2500 km; $\lambda = 7{,}5$ cm; $B_g = 30$ MHz)

Es bedeuten:

N_{Ro}	= Grundrauschwert = $4 \cdot 10^{-21} \cdot 30 \cdot 10^{6} = 1{,}2 \cdot 10^{-13}$ Watt	db
P_E	= Empfängerrauschwert ($n = 20$)	13
P_R	= Rauschabstand für den Grundrausch = 6,7 Neper	58
P_N	= Stationszahlfaktor = ½ ln 62 (2500 km)	18
P_{KE}	= Verluste in der Energieleitung des Empfängers und der Stoßstelle	1
P_M	= Verbesserungsfaktor durch Modulation = 5,4 — 2,55 = 2,85 N = 25 db	—25
P_{bs}	= Streckendämpfung vermindert um den Antennengewinn	53
P_{ks}	= Verluste der Energieleitung des Senders und die Stoßstelle	1
P_{schw}	= Verluste durch Schwund und Toleranz	20
		139

Sendeleistung $N_s = 1{,}2 \cdot 10^{-13} \cdot 10^{13{,}9} \simeq 10$ Watt

erreicht, wenn die Funkfeldlänge 40 ... 50 km (in Ausnahmefällen 60 km) beträgt, und die Aufstellungspunkte der Antennen ausreichend hoch gewählt werden. Zum anderen muß vermieden werden, daß Störungen durch Überreichweiten eintreten. Diese Beeinträchtigungen treten ein, wenn das von der Sendeantenne ausgehende Strahlenbündel nicht nur die ihm zugehörige Empfangsantenne erreicht, sondern in noch weiter entfernte Empfangsantennen derselben oder einer

anderen Richtfunklinie einfällt. Da die Dämpfung des Strahles nach dem Gesetz $b_s = \ln r \cdot \lambda/F$ zunimmt, vermindert sich die Feldstärke selbst bei einer etwa dreimal so weit entfernt gelegenen Station nur um den Betrag von $\ln r = \ln 3 = 1{,}1$ Neper = 10 db. Wenn nun zufälligerweise zwischen Station 1 und 4 durch troposphärische Schichtbildungen gute Ausbreitungsverhältnisse gegeben sind (sonst schirmt die Erdwölbung den Sendestrahl im allgemeinen ab), und die Hauptstrahlungsachsen der Sendeantenne Station 1 mit der Empfangsantenne Station 4 sich decken, können bei gleicher Welle sehr starke Interferenzstörungen eintreten.

Aus diesem Grunde ist bei der Planung sehr auf eine zweckmäßige Lage der Stationen zu achten, und man sieht eine Zick-Zack-Streckenführung vor, wie sie im Bild 19 dargestellt ist. Gleichzeitig wird durch den sogenannten „Zweiwellenplan" dafür gesorgt, daß jeweils

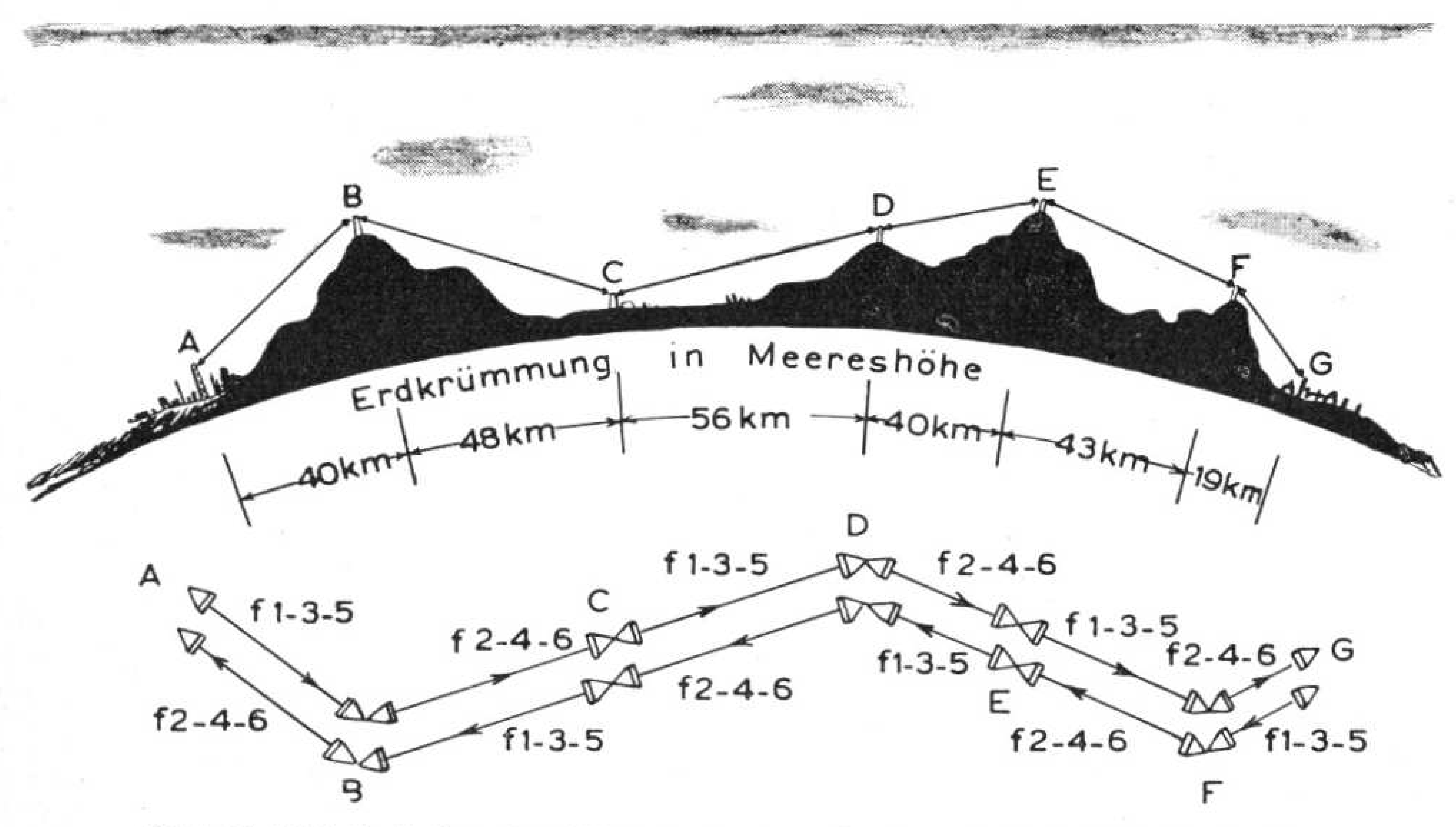


Bild 19. Zick-Zack-Streckenführung (nach R. D. Campbell and Earl Schooley; Bell Telephone Magazine 1950/51 S. 218)

immer erst der Empfänger der dritten Folgestation (Station 4 oder D) dieselbe Welle wie der (nichtzugehörige) Sender der Station 1 (A) besitzt, wie ebenfalls aus Bild 19 hervorgeht. Da durch die Zick-Zack-Führung erreicht ist, daß nur die Nebenzipfel der Antennen der Stationen 1 und 4 zur Deckung kommen können, ist die Dämpfung ohne die Streckenzusatzdämpfung (z. B. $b_z = 10$ db) des unerwünschten Nebenstrahles größer als 50 db. Dieser Wert wird als ausreichend erachtet.

Die abschattende Wirkung von Bergen, die sich zwischen den Stationen 1 und 4 befinden, läßt sich ebenfalls rechnerisch ermitteln.

Wichtig ist hierbei die aus der Erfahrung gewonnene Erkenntnis, daß man bei der Ermittlung der Überreichweite (niemals bei der Reichweitenbestimmung) annimmt, daß die Strahlkrümmung in der Troposphäre gleich der Erdkrümmung ist. Damit wird die abschirmende Wirkung der Erdwölbung vernachlässigt, und nur die Abschattung durch die Höhe der Bergkante in Rechnung gestellt.

b) Antennentürme

Eine große Bedeutung kommt den Antennentürmen zu. Sie beeinflussen in hohem Grade die Anlagekosten einer Richtfunklinie. (Nach amerikanischen Angaben machen die Turmkosten 80 ... 90 % der Gesamtkosten einer Richtfunkverbindung aus. Bei den Betriebskosten fällt der Anteil der Türme allerdings nicht so sehr ins Gewicht, da die Amortisationsquote bei einer Lebensdauer von 50 Jahren verhältnismäßig niedrig ist.) Dabei sind die Anforderungen, die an die Türme gestellt werden, sehr vielseitig.

Zu den rein technischen Bedingungen der Höhe („freie optische Sicht"), des Durchmessers (Platz für Geräte und Stromversorgungsanlagen), der Standfestigkeit (keine zu großen Turmschwankungen bei den scharfen Bündelungswinkeln von rd. $\pm 1^0$ bei einem Antennendurchmesser von 3 m und einer Wellenlänge von $\lambda = 7{,}5$ cm), der benachbarten Anordnung von Antennenplattform und Betriebsraum (kurze Energieleitungen) und der günstigen Lage der Türme zum Starkstromnetz, zum Fernmeldenetz und zur Straße, treten noch die Anforderungen der guten Einordnung in das Landschaftsbild (Forderung der zuständigen Naturschutzvereine usw.) und der Sicherheit gegen Einbruch.

Eine Turmkonstruktion, die diese Aufgaben erfüllt, ist in dem Bild 20 gegeben. Hierbei hat der Turm die Form eines Rohres aus Eisenbeton mit zwei und mehr Plattformen am oberen Ende des Turmes zur Unterbringung der Antennen. Auf diese Weise ist die Anwendung des Gleitverfahrens beim Bau möglich, und eine Erniedrigung der Hochbaukosten durch eine serienmäßige Herstellung der Türme erzielbar. Die architektonisch gut gelungene Form zeigt das Bild 21. Danach kann man wohl sagen, daß sich diese Wahrzeichen einer neuen Technik organisch in das Landschaftsbild einfügen werden. Auch dem Wunsche mancher Naturschutzvereine konnte Rechnung getragen werden, zugleich eine Aussichtsplattform vorzusehen, um einen besonderen Aussichtsturm zu vermeiden, der neben dem Richtfunkturm das Landschaftsbild gestört hätte.

c) Stromversorgungsanlagen

Die Stromversorgung der Geräte ist von ausschlagebender Bedeutung für die Betriebssicherheit. Im allgemeinen wird man sich auf das vorhandene Überlandnetz stützen. Der Anschlußwert der Türme wird zwischen 5 kW und 50 kW liegen, je nachdem es sich um eine unbemannte Zwischenstelle, eine Knotenstelle oder eine Endstelle (elek-

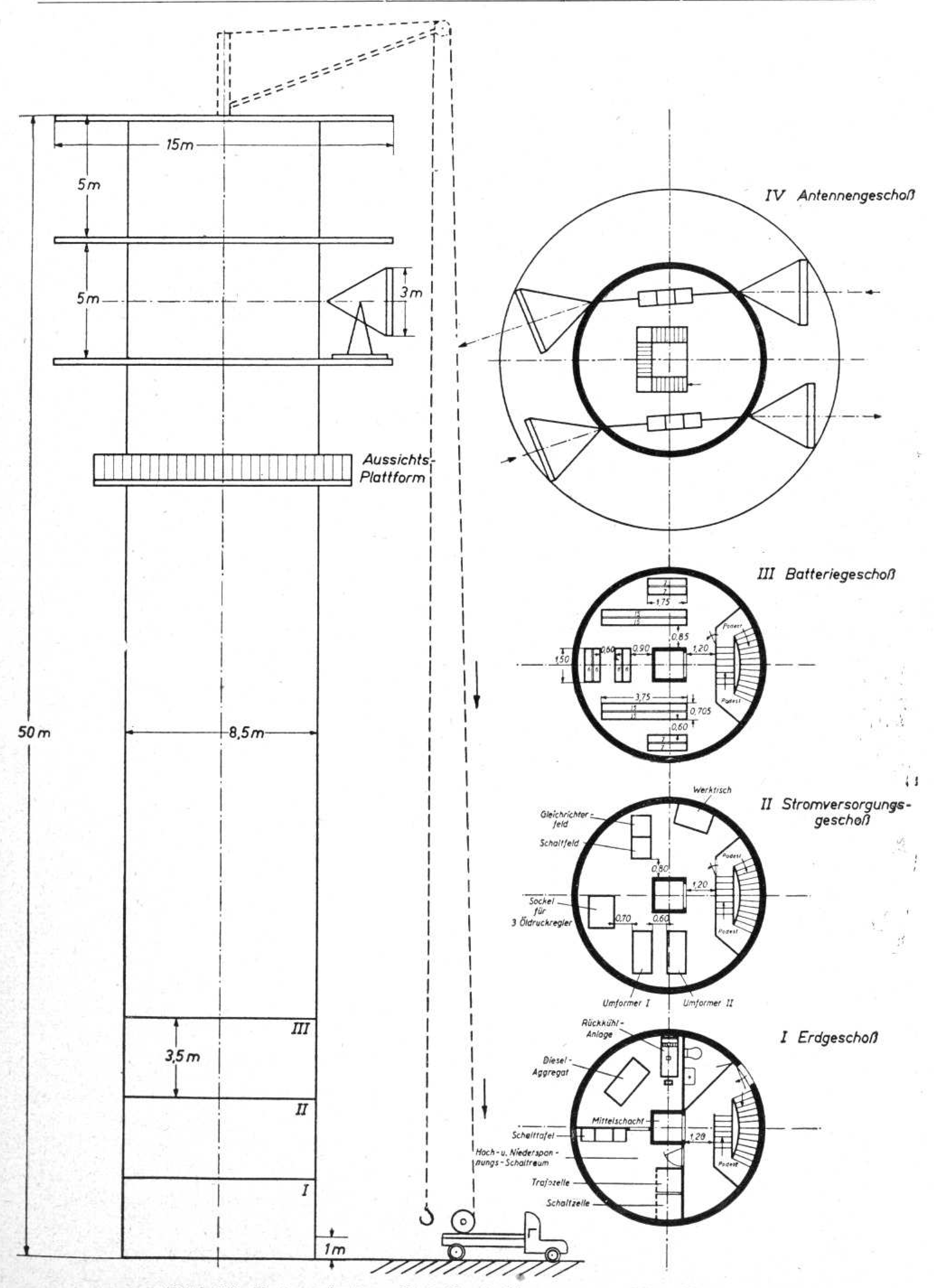


Bild 20. Entwurf eines Richtfunk-Turmes von 50 m Höhe

trische Heizung) handelt. Damit eine möglichst konstante Spannung an den Geräten herrscht und bei Netzausfall die Stromlieferung an die Dezimetergeräte nicht unterbrochen wird, ist folgende Lösung vorgesehen. Die vom Hochspannungsnetz ankommende Oberspannung von 20, 10 oder 6 kV wird durch einen Transformator mit einer Leistung von 50 kVA auf 380 Volt herabgesetzt und einer Schalttafel zugeführt. Hier wird die Energie in eine spannungsgeregelte Leistung für die Geräte und eine ungeregelte für den übrigen Bedarf (Beleuchtung, Heizung usw.) aufgeteilt. Bei Netzausfall läuft selbsttätig ein 4-Zylinder-Dieselmotor mit festgekuppeltem Synchrongenerator von 24 KVA an. Der Anlauf dauert etwa 8 Sekunden. Zur Überbrükkung dieser Zeit soll ein vom Netz aus angetriebener Asynchrongenerator dienen, der ständig mitläuft und aus seiner Schwungmasse heraus diese kritischen 8 Sekunden überbrückt. Zur weiteren Erhöhung der Sicherheit sind auch noch fahrbare Netzersatzanlagen vorgesehen.

Auf dem Schöneberg bei Cassel (etwa 8 km nordwestlich von der Nürburg in der Eifel) wird als einzige Ausnahme eine andere Stromversorgungsanlage vorgesehen. Hier soll einmal ein Versuch mit einer Windkraftanlage gemacht werden. Da auf der unbewaldeten Kuppe des Schöneberges sehr gute Windverhältnisse sind (mittlere Windgeschwindigkeit 5 m/s), kann mit einem wirtschaftlich günstigen Ergebnis gerechnet werden. Zwei Windräder mit zwei 6-kW-Gleichstrommaschinen laden eine Batterie. Diese gibt ihre Energie an einen Motorgenerator oder einen Stromrichter (Thyratron) ab, um den Wechselstrom für die Dezimetergeräte zu erzeugen. Die Batterie ist für eine zwölfstündige Entladung bemessen. Bei längeren Windflauten, die sich nach der Erfahrung kaum länger als 48 Stunden ausdehnen, läuft selbsttätig eine Netz-

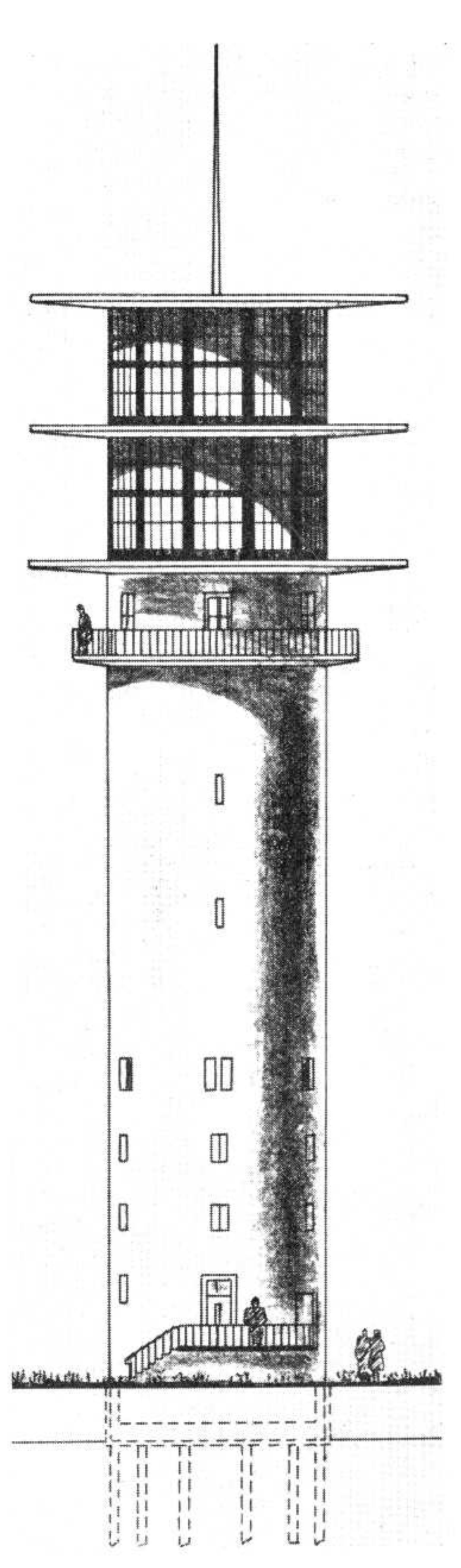


Bild 21. Ansicht eines 42 m hohen Richtfunk-Turmes

ersatzanlage an. Diese besteht ebenfalls aus einem Dieselmotor, jedoch mit einem Gleichstromgenerator von 24 kW, und lädt dann die Batterie in etwa 2 Stunden auf. Die der Batterie entnommene Leistung beträgt rd. 4 kW. Später wird es gelingen, den Bedarf auf weniger als die Hälfte herabzusetzen.

Um die Personalkosten, die einen wesentlichen Teil der Betriebskosten ausmachen, zu senken, ist es notwendig, die meisten Zwischenstellen unbemannt zu betreiben. (Beim TD-2-System New York—Chicago kommen auf ein bemanntes Amt 12 unbemannte.) Dies setzt voraus, daß durch Überwachungs- und Regeleinrichtungen diese Ämter vom bemannten Amt aus überwacht werden können. Es ist geplant, sich hierbei weitgehend an die Technik der im Versuchsbetrieb befindlichen Überwachungseinrichtungen der unbemannten Verstärkerämter der V-60-Systeme anzuschließen. Einige Vorschläge hierzu finden sich im Heft 5 der Zeitschrift „Der Fernmelde-Ingenieur" 1951 [12].

5. Künftige Entwicklungsrichtungen und Aufgaben

Die im Abschnitt 3 erwähnten Richtfunkgeräte entsprechen dem heutigen Stande der Technik und sind z. T. noch in der Entwicklung begriffen. Diese Geräte werden im Laufe der Jahre 1952/53 im Versuchsbetrieb laufen. Die sich hieraus ergebenden Erfahrungen können bei der nun folgenden Herstellungsserie berücksichtigt werden. Einige Hauptlinien der Entwicklung zeichnen sich jedoch schon heute ab. Inwieweit diese schon bei der nächstfolgenden Herstellungsserie verwirklicht werden können, läßt sich z. Z. noch nicht vollständig übersehen. Trotzdem sollen diese Hinweise schon jetzt gebracht und ggf. damit auch zur Diskussion gestellt werden.

Ein sehr wichtiger Punkt ist der Anschlußwert der Zwischenstationen des Weitverkehrs. Wie bereits erwähnt wurde, liegt die Leistungsaufnahme aus dem Starkstromnetz zwischen 5 kW und 50 kW. Dabei gilt die untere Grenze für einfache Zwischenstationen ohne Personal. Auch diese Leistung ist gemessen an der Sendeleistung von 10 Watt bei einem Sender reichlich hoch. Durch eine weitgehende Anwendung von Transistoren und Richtleitern kann dieser Wert voraussichtlich stark vermindert werden, so daß selbst bei einem Parallelbetrieb von 6 Sendern die aufgenommene Leistung 2 kW nicht übersteigt. Dies würde große Einsparungen bei den Stromversorgungsanlagen ermöglichen.

Eine Verminderung des Anschlußwertes der End- und Zwischenstellen des Nah- und Bezirksverkehrs wird durch die gleichen Maßnahmen erzielt werden. Dazu kommt noch die Auswirkung der geringeren Sendeleistung, die durch die bessere Bündelung bei den verwendeten kürzeren Wellen und die geringere Strecken- bzw. Funkfeldlänge erzielt wird.

Eine weitere Steigerung der Betriebssicherheit, Verbesserung des Wirkungsgrades der Stromversorgungsanlage und damit Senkung des

Anschlußwertes ist durch eine Umstellung der Richtfunkgeräte auf Batteriebetrieb möglich.

Als zweiter Punkt ist die Vergrößerung der Lebensdauer der Senderöhren (über 10 000 Betriebsstunden) bei gleichzeitiger Senkung des Herstellungspreises anzustreben. Z. Z. ist der Röhrenanteil bei den jährlichen Betriebskosten der für die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebende Faktor. Vielleicht gelingt es, dieses Ziel in der Form der Wanderfeldröhre zu erreichen, da hier die spezifische Kathodenbelastung verhältnismäßig klein gehalten werden kann (große Lebensdauer), und auch die wichtige Bedingung einer reflexionsarmen breitbandigen Anpassung nicht so schwierig wie bei anderen Röhrenarten erfüllbar ist. Die Wanderfeldröhre erfordert weiterhin nicht die hohe Genauigkeit in der Herstellung wie z. B. die augenblicklich modernste Röhre 416 A und dürfte daher bei einer Massenfertigung zu einem tragbaren Preise hergestellt werden können.

Drittens werden ausgiebige Untersuchungen der Modulations- und Demodulationsverfahren sowohl in der Form von mathematischen Studien als auch in der Gestalt von Entwicklungsmustern spürbare Verbesserungen und Vereinfachungen der heute vorhandenen Schaltungen bringen.

Als vierte und letzte Maßnahme sei die Verbesserung und die weitergehende Ausdehnung des unbemannten Betriebes der Richtfunkgeräte genannt, die zu einer Senkung der Personalkosten notwendig ist.

Schlußbetrachtung

Es wäre verfrüht, schon jetzt ein abschließendes Urteil über die Richtfunktechnik im Verhältnis zur Kabeltechnik abgeben zu wollen. Durch Versuche muß zunächst einmal erhärtet werden, daß über Richtfunklinien geschaltete Verbindungen die gleichen übertragungstechnischen Bedingungen erfüllen wie Drahtleitungen, und daß solche Verbindungen auch in bezug auf Betriebssicherheit den gestellten Forderungen genügen. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Wirtschaftlichkeitsvergleichen. Schon jetzt aber kann man sagen, daß Richtfunkverbindungen beim Ausbau des Netzes neben und als Ergänzung der Kabelverbindungen ein Anwendungsgebiet finden werden.

In der Bezirksebene wird ein beträchtlicher Teil der Leitungen durch Einsatz von Netzgruppen-Tf-Systemen auf vorhandenen Kabeln erstellt werden können, so daß nur in Ausnahmefällen neue Bezirkskabel erforderlich werden. Bei allen neuen Kabeln wird aber zu prüfen sein, ob geringpaarige Kabel mit Tf-Ausnutzung auszulegen oder Richtfunkverbindungen (z. B. PPM-24) einzurichten sein werden. Besonders in Fällen, wo bei der Kabelverlegung Seen, Sumpfgelände usw. zu überbrücken sind, bieten Richtfunkverbindungen Vorteile. Beide Systeme, Z 6 N und PPM 24, sind durch ihre geringe Kanalzahl und die

systemeigene Wahl- bzw. Rufeinrichtung für Verbindungen der Bezirksebene besonders geeignet.

Wenn Richtfunkverbindungen im Weitverkehrsnetz zur Ergänzung des Tf-Fernkabelnetzes eingesetzt werden sollen, dann kommen hierfür nur die FM-Vielkanal-Fernsprechsysteme in Betracht. Wie Koaxialkabel eignen sie sich in erster Linie zur Schaffung sehr großer Leitungsbündel. Da hier die gleichen Tf-Systeme wie für Kabelleitungen verwendet werden sollen, könnten auch ggf. gemischte Linien aus Kabelleitungen und Richtfunklinien als Übertragungswege für Tf-Systeme geschaltet werden. Die Richtfunklinien müssen in jedem Falle hier die gleichen übertragungstechnischen Bedingungen erfüllen wie gleich lange Tf-Kabelleitungen. Vorteile bieten Richtfunkverbindungen für die Schaltung von Fernsehleitungen. Die Auslegung eines reinen Fernsehkabels kommt aus wirtschaftlichen Gründen nur in besonderen Fällen für kurze Entfernungen in Betracht. Wenn auf der Trasse der gewünschten Fernsehleitung kein Fernsprechkabel mit einer Koaxialleitung für Fernsehen vorhanden und die Auslegung eines Fernsprechkabels, in dem eine solche mitgeführt werden könnte, nicht geplant ist, dann ließe sich durch Richtfunklinien mit FM-Breitband-Fernsehsystemen die erforderliche Fernsehverbindung leicht schaffen und ggf. durch weitere solche Linien ergänzen. Vorteilhaft ist es hierbei, wenn vorhandene Richtfunkantennentürme mitbenutzt werden können.

Schrifttum

1. A. L. Durkee: Results of Microwave Propagation Tests on a 40-Mile Overland Path. Proc. I. R. E. 1948, S. 197 ... 205
2. H. T. Friis: Microwave Repeater Research, The Bell Syst. Techn. Journ. April 1948.
3. A. Heilmann: Technische Antennenformen für kürzeste Wellen. Der Fernmelde-Ingenieur 1951. Heft 1 u. 2.
4. K. O. Schmidt: Antennen für Richtfunkanlagen. FTZ 4, Heft 2, Febr. 1951 u. Nachtrag Heft 7 1951.
5. W. E. Kock: Path-Length Microwave Lenses. Proc. I. R. E. Aug. 1949, S. 852 ... 855.
6. C. D. Cutler: Parabolic-Antenna Design for Microwaves. Proc. I. R. E. Nov. 1947, S. 1284.
7. D. D. Grieg und H. Gallag: Pulse-Time-Modulated Multiplex Radio Relay System-Radio Frequency Equipment. Electrical Comm. Juni 1947.
8. A. Heilmann: Vermerk über Laufzeitverzerrungen und nichtlineares Übersprechen durch lange HF-Leitungen bei der Übertragung von frequenzmodulierten Signalen. Noch unveröffentlicht.
9. G. Ulbricht: Die Richtfunkverbindungsanlage IDA 22. Telefunkenzeitung 1951. Nr. 92, S. 143 ... 162.
10. H. Holzwarth: Die neuere Technik der Richtfunkverbindungen. VDE-Fachberichte, 13. Band 1949, S. 168 ... 176.

10a. H. Holzwarth: Richtfunkanlagen mit Pulsphasenmodulation. VDE-Fachberichte, Bd. 15 1951, S. 252 ... 253.

11. K. O. Schmidt: Die Bestimmungsgrößen eines Dezimetersystems mit Zeit-Impulsmodulation (Puls-Phasen-Modulation). FTZ 1951. Heft 8.

12. K. O. Schmidt: Technische Grundlagen für Richtfunkverbindungen im Dezimeter- und Zentimeterwellenbereich. Der Fernmelde-Ingenieur 1951. Heft 5.
13. E. Dietrich: Die geographische Ermittlung optischer Sicht zur Planung von Dezimeterstellen. FTZ 1948, Heft 2/3.
14. K. O. Schmidt: Ein vereinfachtes Verfahren zur Planung von Dezimeterstrecken mit freier optischer Sicht unter Berücksichtigung der Erdwölbung und der Sichtellipse. FTZ 1950, Heft 11.
15. K. O. Schmidt: Die Planung von Richtfunkanlagen im Dezimeter- und Zentimeterwellenbereich. Der Fernmelde-Ingenieur 1951 H. 8.
16. K. O. Schmidt: Die Streckenplanung von Richtfunklinien im Dezimeter- und Zentimeterwellenbereich. Telefunkenzeitung 1951, Nr. 92, S. 129 ... 139.

A. Heilmann

Fernsprech- und Fernsehübertragungen auf Meterwellen

I. Einleitung

Der Meterwellenbereich ist für eine Reihe von Fernmeldediensten, die ausschließlich auf den Ätherweg angewiesen sind, hervorragend geeignet und hat diesen völlig neue Entwicklungsmöglichkeiten und Anwendungsgebiete erschlossen. Hierunter fallen insbesondere die beweglichen Dienste und in gewissem Umfange auch der Rundfunk und das Fernsehen. Man sollte daher diesen Wellenbereich von festen Verbindungen möglichst freihalten, wenn solche auch auf dem Kabelweg oder mittels Richtfunkverbindungen auf Dezimeter- oder Zentimeterwellen eingerichtet werden können. Andererseits gibt die bei den Meterwellen noch genügend ausgeprägte Eigenschaft der Überwindung der Erdkrümmung durch Beugung und Brechung oft die einzige Möglichkeit, auch dort noch brauchbare Fernmeldewege zu schaffen, wo das Zwischengelände infolge seiner physikalischen Beschaffenheit oder aus sonstigen Gründen unzugänglich ist, und die Entfernung zwischen den zu verbindenden Punkten über die Sichtreichweite hinausgeht. Gleichzeitig er-

laubt die in diesem Wellenbereich bereits gegebene Breitbandigkeit der Übertragungswege, diese Verbindungen mit einer Vielzahl von Fernsprechkanälen oder mit einem Fernsehkanal zu belegen. Solche „Funkbrücken", die auch in ihrer Wirtschaftlichkeit, Betriebssicherheit und ihren Übertragungseigenschaften Leitungsverbindungen gleichwertig sind, können daher in solchen Fällen das Kabelnetz wertvoll ergänzen.

II. Ausbreitungsverhältnisse in den benutzten Wellenbereichen

Von den im Internationalen Fernmeldevertrag (J.F.V.) von Atlantic City, 1947, unterhalb von 300 MHz für feste und bewegliche Dienste vorgesehenen Wellenbereichen wurde in Deutschland nur der Bereich von 235—328,6 MHz für solche Richtfunkverbindungen in Aussicht genommen, während die übrigen verhältnismäßig schmalen Bänder für bereits eingerichtete oder geplante bewegliche Dienste benötigt werden. Für die Mehrkanal-Fernsprech- und Rundfunkverbindungen zwischen Berlin und den Westzonen [1] mußte allerdings wegen der großen zu überbrückenden Entfernung ein Band im Bereich der längeren Meterwellen gewählt werden, wozu sich das Band von 41 bis 68 MHz als geeignet darbot, das im J.F.V. zwar dem Rundfunk zugeteilt ist, aber in Deutschland z. Z. von diesem nicht benutzt wird. Diese beiden Wellenbereiche um 50 und um 300 MHz geben in ihrem ausbreitungsmäßigen Verhalten genügend Spielraum, sich den verschiedenartigen Aufgaben anzupassen.

Nach den eingangs gemachten Bemerkungen kommen praktisch fast immer Entfernungen zwischen den End- oder Relaisstellen in Betracht, bei denen die Troposphäre die Wellenausbreitung wesentlich beeinflußt. Es treten daher Schwunderscheinungen auf, die durch die meteorologisch bedingten Änderungen des Brechkraftgefälles der unteren Luftschichten hervorgerufen werden. Es ist üblich, die Strahlenkrümmung durch den sogenannten effektiven Erdradius zu berücksichtigen, der an Stelle des wirklichen Erdhalbmessers der Berechnung der Beugung zugrundegelegt wird. Die mittleren Werte der Feldstärke (Stundenmittel) bewegen sich etwa zwischen Grenzen, die den effektiven Erdradien von $R = 0{,}8\,R_0$ und $R = 3\,R_0$ (R_0 = wirklicher Erdradius) entsprechen. Diesen Mittelwerten überlagern sich noch schnellere Schwankungen, die zum Teil auf Interferenzerscheinungen zurückzuführen sind. Die Feldstärkeschwankungen nehmen in ihrer Größe und Häufigkeit mit der Entfernung und der Frequenz zu.

Die Brauchbarkeit eines Fernmeldeweges wird beurteilt nach dem Vomhundertsatz an der Gesamtübertragungszeit, in dem die Übertragungsbedingungen die vorgeschriebenen Richtwerte nicht unterschreiten. Für Fernsprechübertragungen kann eine Ausfallzeit von 0,1 % noch als zulässig angesehen werden.

Statistische Auswertungen von Meßergebnissen haben ergeben, daß die in einem bestimmten Vomhundertsatz der Übertragungsdauer auf-

tretenden Feldstärkeschwankungen um den Mittelwert ungefähr auf einer Geraden liegen, wenn man sie in Decibel (db) über der Entfernung, beide in logarithmischem Maßstab, aufträgt. Aus Bild 1 kann ersehen werden, mit welchen Abweichungen vom Mittelwert (nach unten) bei einer Betriebsfrequenz von 50 MHz und 300 MHz etwa zu rechnen ist, wenn man Ausfallzeiten von 10 % und 0,1 % zuläßt. Dabei entsprechen die Werte für 10 % Ausfallzeit etwa dem Verhältnis der Feldstärken für die effektiven Erdradien von 0,8 R_0 und 4/3 R_0.

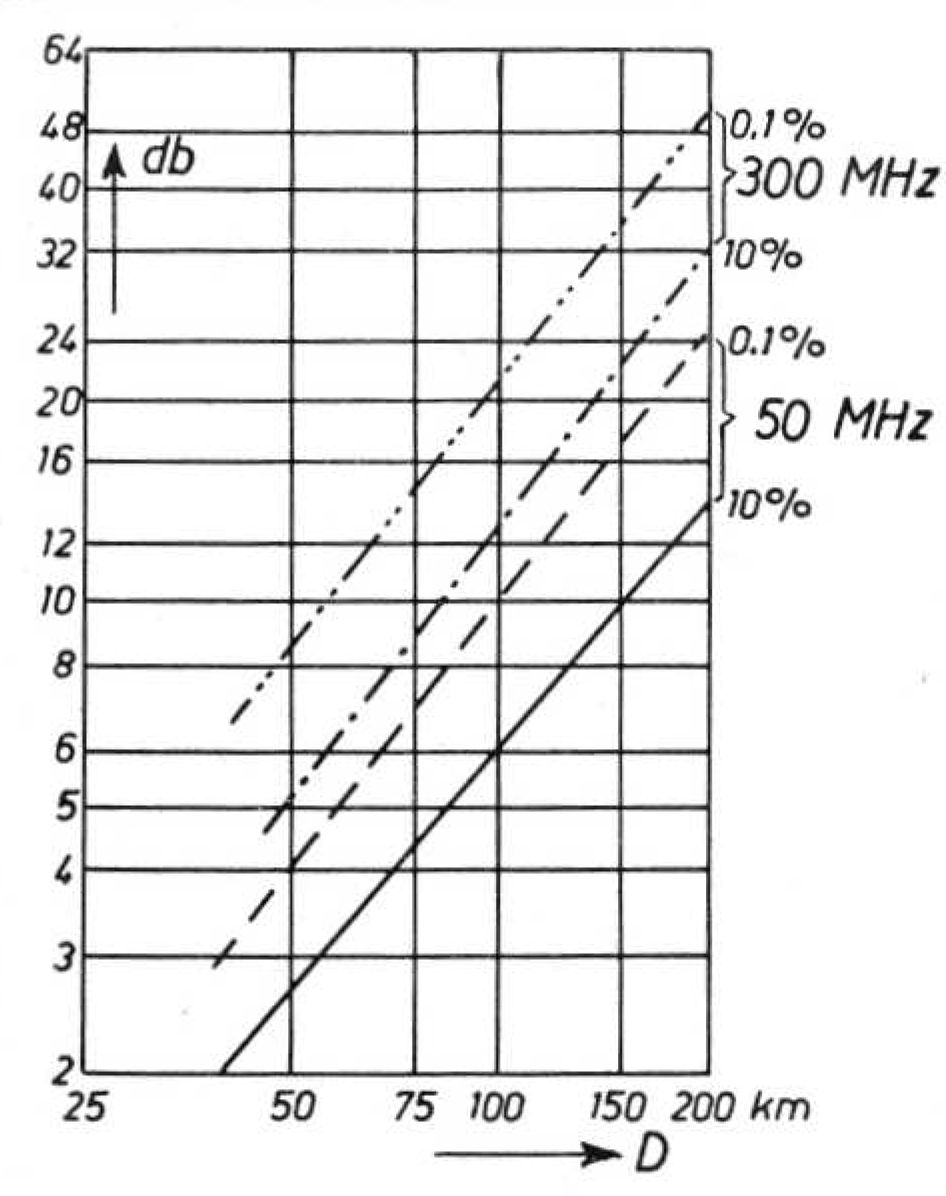


Bild 1. Feldstärkewerte in db unter dem Mittelwert, die in 10 % bzw. 0,1 % der Zeit unterschritten werden.

Die ungefähr zu erwartenden Reichweiten können an Hand der berechneten Feldstärkekurven in Bild 2 abgeschätzt werden. Diese stellen in db über 1 μV/m für Entfernungen von 50 bis 200 km die Feldstärkewerte dar, die (bezogen auf die Monate stärkster Schwankungen) in 0,1 % der Zeit unterschritten werden. Die Kurven gelten für 1 Watt von einem kurzen Sendedipol abgestrahlte Leistung für Frequenzen von 50 und 300 MHz, Höhen der Sendeantenne von 100 bzw. 500 m und der Empfangsantenne von 100 m über dem Boden bei glattem Zwischengelände unter Berücksichtigung der Erdkrümmung. Bei größeren oder kleineren Sendeleistungen N und bei Verwendung von Richtantennen mit dem Leistungsgewinn g_s hat man zu den Ordinaten noch den Betrag $10 \log_{10} N + 10 \log_{10} g_s$ hinzuzuaddieren.

Der stärkere Abfall der Feldstärke bei der höheren Frequenz kann bis zu einem gewissen Grad durch die stärkere Bündelung wieder wettgemacht werden, die man erhält, wenn man bei beiden Frequenzen den gleichen Antennenaufwand treibt. Da der Sendegewinn

$$g_s = F_s \frac{8\pi}{3\lambda^2} \qquad (1)$$

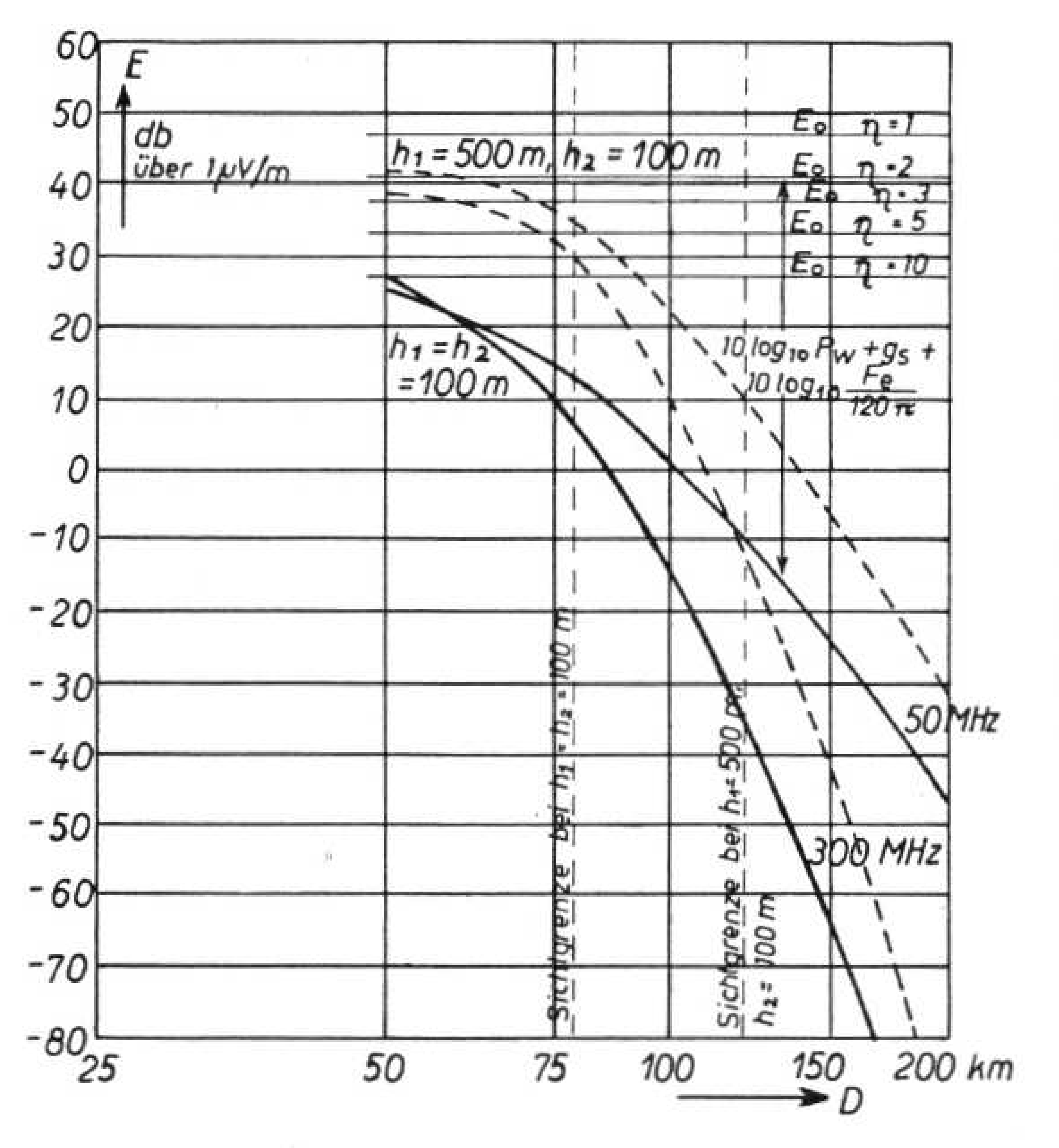


Bild 2. Feldstärke in db über 1 µV/m bei 1 Watt Strahlungsleistung (kurzer Sendedipol) abhängig von der Entfernung bei 0,1 % Ausfallzeit. Erforderliche Mindestfeldstärke E_0 zur Übertragung von 12 Kanälen bei verschiedenen Hubverhältnissen und einer Empfangsantenne mit $F_e/120\,\pi = 1$.

umgekehrt proportional mit dem Quadrat der Wellenlänge zunimmt, sind bei gleichen Antennenwirkflächen F_s die Feldstärkekurven für 300 MHz gegenüber denen für 50 MHz um den Faktor 6 (15,6 db) anzuheben. Die auf eine Ausfallzeit von 0,1 % bezogene Feldstärke liegt daher bei 300 MHz bis zu einer Entfernung von etwa 100 km über der für die niedrigere Frequenz, d. h. die kürzere Welle ist bei gleichem Antennenaufwand der längeren Welle bis auf etwa 100 km, bei größeren Antennenhöhen auf noch größere Entfernungen überlegen. Überschreitet man diese Entfernungen, dann wird natürlich sehr schnell die längere Welle günstiger.

Die mit einer bestimmten Leistung und bei einer bestimmten Antennengröße zu erzielende Reichweite hängt noch ab von dem Mindestfeldstärkewert, den das Betriebsverfahren und der durchzuführende Dienst erfordert, und der in den folgenden Abschnitten noch näher festgelegt werden muß. Es sei noch erwähnt, daß die für ein glattes Zwischengelände angegebenen Feldstärkekurven nur einen, für viele Fälle allerdings recht brauchbaren Anhaltspunkt geben. Bei hügeligem oder bergigem Zwischengelände ist von Fall zu Fall an Hand des Geländeschnittes in genauere Einzeluntersuchungen der wahrscheinlichen Reflexionspunkte der indirekten Strahlen sowie der Beugungserscheinungen an Hindernissen einzutreten, die auch die nähere Umgebung der Antennenstandorte einschließen müssen. Für das hierbei einzuschlagende Verfahren sei auf das Schrifttum verwiesen [2, 3, 4].

III. Fernsprechübertragung auf mehreren Kanälen

Als Mehrkanalsysteme kommen wie bei den Dezimeterrichtfunkverbindungen das Trägerfrequenzverfahren mit Frequenzmodulation (FM) des hochfrequenten Übertragungsweges und das Puls-Phasenmodulations-Verfahren in Frage, letzteres allerdings nur bedingt und dann nur für den oberen Frequenzbereich. Die Zahl der auf einer Verbindung unterzubringenden Kanäle wird aber aus Gründen der Bandbreite auch bei dem FM-Verfahren und im 300-MHz-Bereich nicht über die des V 48 oder V 60-Trägerfrequenzsystems hinausgehen.

Da derartige Richtfunkverbindungen Teile des öffentlichen Fernsprechnetzes bilden, müssen ihre Übertragungseigenschaften den Empfehlungen des CCJF entsprechen. Außer der Kanalbandbreite, die gegenwärtig auf 4 kHz festgesetzt ist, ist der einzuhaltende Geräuschabstand, der auch das nichtlineare und lineare Nebensprechen erfaßt, auf die Bemessung der Systeme und die erzielte Reichweite von ausschlaggebendem Einfluß. Die CCJF-Empfehlungen schreiben vor, daß die 4 Geräuschursachen (Wärme- und Röhrenrauschen, nichtlineares Übersprechen, lineares Nebensprechen und Fremdgeräusche) zusammen am Ende einer zwischenstaatlichen Fernsprechverbindung eine Geräuschspannung von höchstens 5 mV an 600 Ohm beim Pegel 0 ergeben dürfen. Unter der Annahme, daß sich die Verbindung aus 6 Abschnitten zusammensetzt, entfallen dann auf einen Abschnitt und eine Geräuschursache $5/\sqrt{4 \cdot 6} \simeq 1$ mV. Dies entspricht einem Geräuschabstand von $\ln 775/1 = 6{,}65$ N oder 58 db. Bei zwischenstaatlichen Leitungen soll für einen Fernleitungsabschnitt eine Länge von 2500 km zugrundegelegt werden. Es entfallen dann bei einer mittleren Funkfeldlänge von 100 km 25 Funkfelder auf einen Abschnitt. Der Geräuschabstand pro Funkfeld muß daher für jede der 4 Geräuschursachen $6{,}65 + {}^1/_2 \ln 25 = 8{,}25$ N betragen.

In der Regel werden jedoch Meterwellenfunkbrücken nur für innerstaatlichen Verkehr eingesetzt. In diesem Fall verteilt sich die Geräuschleistung auf nur 3 Abschnitte, von denen der Fernleitungsabschnitt nur mit 1000 km anzunehmen ist. Die zulässige Geräusch-EMK pro Abschnitt beträgt dann $5/\sqrt{4 \cdot 3} = 1{,}45$ mV (6,3 N) und der Geräuschabstand für ein Funkfeld $6{,}3 + {}^1/_2 \ln 10 = 7{,}45$ N oder 65 db. Dieser Wert darf durch auftretende Schwunderscheinungen auf der Funklinie nur in 0,1 % der Zeit unterschritten werden.

1. Übertragungssysteme mit Frequenzmodulation und ihre elektrischen Bestimmungsgrößen

Bei diesem Verfahren werden 12, 24, 48 oder 60 Fernsprechkanäle in normalen Trägerfrequenzsystemen frequenzmäßig aneinandergereiht und auf dem Funkwege mittels frequenzmodulierter Schwingungen übertragen. Auf den Zwischenstellen des hochfrequenten Übertragungsweges ist im allgemeinen eine Demodulation und neuerliche Modulation

nicht erforderlich und wegen der damit verbundenen nichtlinearen Verzerrungen auch nicht erwünscht. Es wird lediglich die Empfangsfrequenz nach dem bekannten Überlagerungsverfahren auf dem Wege über eine gut verstärkbare Zwischenfrequenz auf die neue Sendefrequenz umgesetzt.

a) **Geräuschabstand und Reichweite**

Die untere Grenze des Störpegels ist durch das Wärme- und Röhrenrauschen gegeben. Bekanntlich ist die Rauschleistung bezogen auf die niederfrequente Kanalbreite b

(2) $$N_R = n\,k\,T_0 \cdot b = U_s^2/4\,R_i\,.$$

Mit $k\,T_0 = 4 \cdot 10^{-21}$ W_s, $b = 4$ kHz und einem Geräuschfaktor (kT_0-Zahl) $n = 9$ wird dann

(3) $$U_s^2/4\,R_i = 1{,}44 \cdot 10^{-16}\ \text{Watt}.$$

U_s ist hierbei die Geräusch-EMK am Empfängereingang bezogen auf die Bandbreite von 4 kHz bei angepaßtem Empfänger (R_i = innerer Widerstand der Antenne).

Andererseits ist die Eingangs-Nutzleistung des Empfängers bei der Feldstärke E in V/m und der wirksamen Antennenfläche F_e:

(4) $$U_o^2/4\,R_i = E^2 \cdot F_e/120\,\pi\,.$$

Somit wird das Verhältnis Nutz- zu Stör-EMK am Eingang des Empfängers

(5) $$U_o/U_s = v_o = E\sqrt{F_e/120\,\pi}\,10^8/1{,}2$$

und die notwendige Empfangsfeldstärke

(6) $$E = v_o \cdot \sqrt{120\,\pi/F_e} \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-2}\ \mu\text{V/m}\,.$$

Bei FM mit vollkommenem Begrenzer ist das Verhältnis Nutz- zu Störspannung am Ausgang des Empfängers

(7) $$v_a = v_o \cdot \eta_m/\sqrt{2} = v_o \cdot \eta_g \cdot x/\sqrt{2}\,.$$

Dabei ist

(8) $\eta_g = D/f_m$ (D = gesamter Frequenzhub, f_m = maximale Modulationsfrequenz des m-ten Kanals)

das Hubverhältnis bei Vollaussteuerung und x das Verhältnis des Kanalhubs zum gesamten Hub.

Somit wird

(9) $$\ln v_o = \ln v_a - \ln \eta_g - \ln x + 0{,}35\ \text{N}\,.$$

Der Abstand der Kanalaussteuerung von der maximalen Aussteuerung des gesamten Systems ist nach Holbrook-Dixon [5] bei

$m =$	12	24	48	60 Kanälen
$\ln x =$	— 2,05	— 2,15	— 2,20	— 2,25 Neper.

Für den geforderten Störabstand $\ln v_a$ von 8,25 N für zwischenstaatliche und 7,45 für innerdeutsche Verbindungen ergeben sich z. B. bei 12 Kanälen abhängig von η_g folgende Werte für $\ln v_o$

η_g =	1	2	3	5	10	
$\ln v_0$ =	10,65 (9,85)	9,95 (9,15)	9,55 (8,75)	9,05 (8,25)	8,35 (7,55)	Neper
	92,5 (85,5)	86,4 (79,4)	82,8 (76)	78,6 (71,6)	72,5 (65,6)	db

Bei 24, 48 und 60 Kanälen erhöhen sich diese Werte noch um 0,1 bzw. 0,15 bzw. 0,2 Neper.

Mit Hilfe der Gleichungen 6 und 9 gewinnt man schließlich die notwendige Mindestfeldstärke in db über 1 μ V/m. Es ist

$$(10)\quad 20 \log_{10} E = 20 \log_{10} v_0 + 10 \log_{10} 120\pi/F_e + 20 \log_{10} 1{,}2 - 20 \log_{10} 100 \text{ db}$$
$$= 20 \log_{10} v_0 + 10 \log_{10} 120\pi/F_e - 38{,}4 \text{ db}.$$

Für $\eta_g = 2$ ergeben sich z. B. folgende Feldstärken

m =	12	24	48	60	Kanäle
$20 \log_{10} E - 10 \log_{10} \frac{120\pi}{F_e}$	48 (41)	48,9 (41,9)	49,35 (42,35)	49,7 (42,7)	db über 1 μ V/m

Wie man sieht, nimmt die erforderliche Feldstärke mit der Kanalzahl nur wenig zu. In Bild 2 sind die Geraden $E \cdot \sqrt{F_e/120\pi}$ für η_g von 1 bis 10 und für 12 Kanäle für innerdeutsche Verbindungen mit eingezeichnet. Die Werte bei 24, 48 und 60 Kanälen bekommt man durch Verschieben der E-Geraden um 0,87 db, 1,3 db bzw. 1,7 db nach oben. Die Differenz zwischen den Feldstärkekurven und den E-Geraden ergibt unmittelbar den Wert

$$10 \log_{10} N + 10 \log_{10} g_s + 10 \log_{10} F_e/120\pi \text{ db},$$

d. h. die Leistung und den Antennenaufwand, die notwendig sind, um eine bestimmte Entfernung zu überbrücken.

In Bild 3 sind diese Abstände der Feldstärkekurven von der E-Geraden für $\eta_g = 2$ und für 12 Kanäle nochmals aufgetragen, wobei der bei gleicher Antennenfläche zu erwartende höhere Gewinn bei 300 MHz bereits berücksichtigt ist. Daneben sind als Parallele zur Abszissenachse die Niveaulinien $10 \log_{10} N_s + 10 \log_{10} g_s + 20 (\log_{10} \eta_g - \log_{10} 2) + 10 \log_{10} F_e/120\pi$ für $N_s = 1$ kW, η_g von 1 bis 10 und $F_e = F_s = 94$ m^2 eingezeichnet. Die Schnittpunkte dieser Geraden mit den Kurven ergeben die Reichweite bei 1 kW Sendeleistung und den verschiedenen Frequenzhubverhältnissen. Um z. B. eine Reichweite von 100 km zu erzielen, wird bei 100 m Antennenhöhe an beiden Endstellen und 1 kW Leistung sowohl bei 50 MHz als bei 300 MHz ein Hubverhältnis von $\eta_g = 2$ benötigt. Ist die Antennenhöhe bei einer Endstelle 500 m, dann werden unter den gleichen Betriebsverhältnissen bei 300 MHz 120 km, bei 50 MHz 135 km überbrückt. Geht man über diese Abstände hinaus, dann wird die Verbindung durchaus noch nicht unbrauchbar, der Rauschabstand entspricht jedoch nicht mehr während der ganzen Übertragungsdauer den CCJF-Bedingungen.

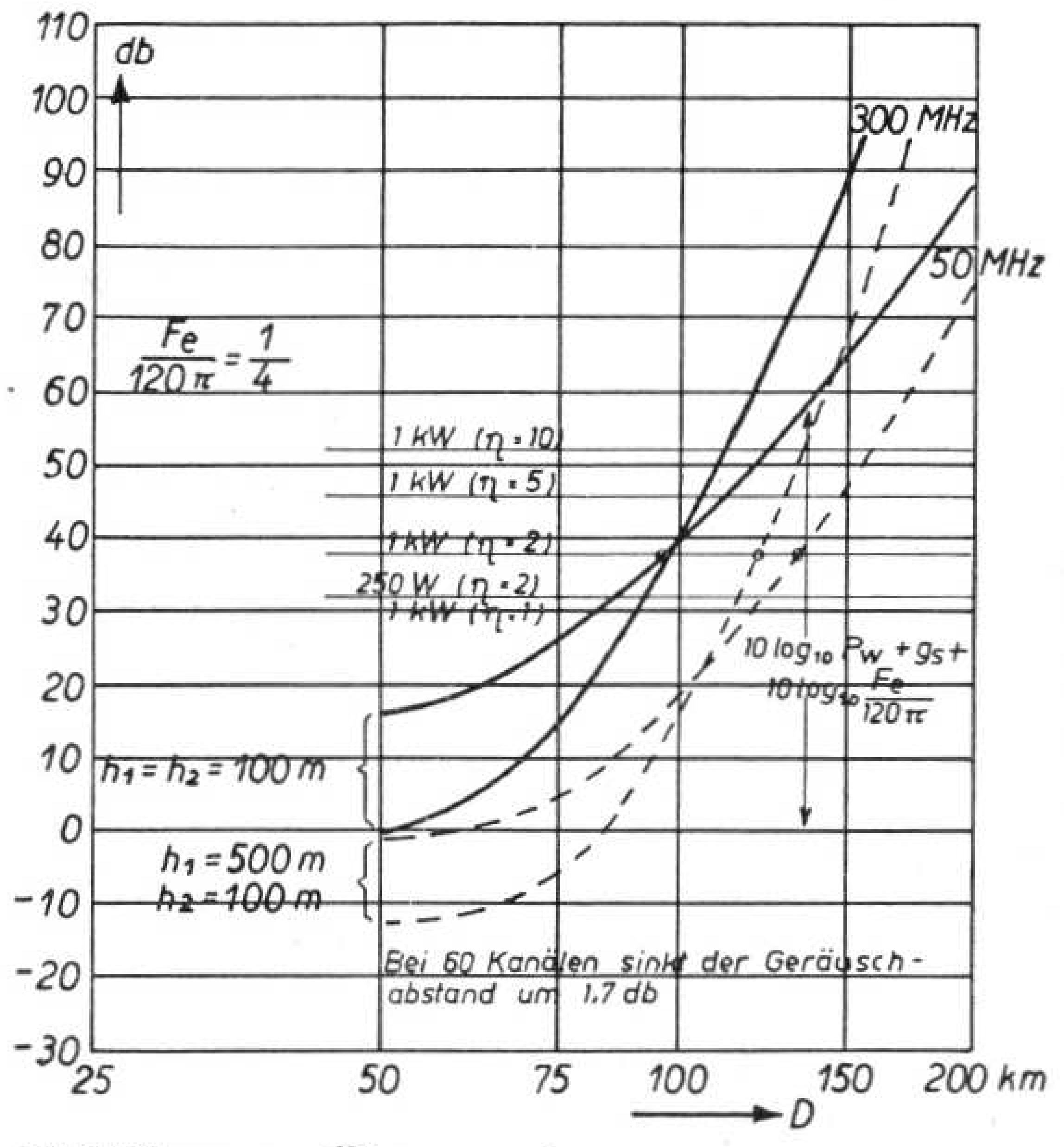


Bild 3. Erforderlicher Leistungsaufwand in db über 1 Watt und Antennengewinn abhängig von der Entfernung. (Die Schnittpunkte mit den horizontalen Geraden geben die Reichweite bei 1 kW Leistung und $F_s = F_e = 95$ qm für verschiedene η bei innerdeutschen Verbindungen).

b) Nichtlineares Übersprechen

Bei Systemen mit Frequenzmodulation kommen 3 Ursachen für das nichtlineare Übersprechen in Betracht:

1. Der nichtlineare Verlauf der Amplituden: Frequenz-Kennlinien im Modulator und Demodulator sowie der Amplituden: Amplituden-Kennlinien in den davor und dahinter liegenden NF-Verstärkerstufen (frequenzunabhängiger Anteil).

2. Der nichtlineare Verlauf der Phasen: Frequenz-Kennlinien in dem frequenzmodulierten Teil des Übertragungsweges (frequenzabhängiger Anteil).

3. Nichtlineare Verzerrungen durch Beschneidung des Frequenzbandes im frequenzmodulierten Teil des Übertragungsweges.

Die Verzerrungen unter 2. und 3. wiederholen sich in jedem Funkfeld, während die Amplitudenverzerrungen unter 1. nur an den Endstellen oder an jenen Zwischenstellen auftreten, wo NF- oder TF-Stromkreise herausgeführt werden, wo also eine Modulation oder Demodulation stattfindet.

Wird zur Berechnung der Verzerrungen unter 1. die Kennlinie durch eine Potenz-Reihe dargestellt

$$S = a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 + \dots \,, \tag{11}$$

dann sind bei einer Beaufschlagung mit einer Einzelfrequenz $u = u_0 \cos \omega t$ die Klirrfaktoren 2. und 3. Grades nach L. Lewin [6] gegeben durch

$$f_2(u_0) = \frac{u_0}{2a_1} \sum_1^{\infty} \frac{2n!}{(n-1)!\,(n+1)!} \cdot a_{2n} \frac{u_0^{2n-2}}{2^{2n-2}} \text{ und} \tag{12}$$

$$f_3(u_0) = \frac{u_0}{4a_1}\sum_1^{\infty}\frac{2(n+1)!}{(n-1)!(n+2)!}a_{2n+1}\frac{u_0^{2n-2}}{2^{2n-2}}.$$

Diese Ausdrücke vereinfachen sich, wenn u_0 klein ist und die Verzerrungen 2. und 3. Grades vorwiegen, zu

$$f_2(u_0) = \frac{1}{2}\frac{a_2}{a_1}u_0; \qquad f_3(u_0) \simeq \frac{1}{4}\frac{a_3}{a_1}u_0^2. \tag{13}$$

Die höheren Harmonischen sind bei dieser Verzerrungsart alle in Phase mit der Grundschwingung.

Geht man auch bei der Phasenverzerrung von einer in eine Potenzreihe entwickelten Kennlinie aus, nämlich

$$\Phi(\Omega) = \Phi(\Omega)_{\Omega_0} + \left(\frac{d\Phi}{d\Omega}\right)_{\Omega_0}(\Omega_0 - \Omega_1) + \left(\frac{d^2\Phi}{d\Omega^2}\right)_{\Omega_0}\frac{(\Omega_0 - \Omega_1)^2}{2} + \left(\frac{d^3\Phi}{d\Omega^3}\right)_{\Omega_0}\frac{(\Omega_0 - \Omega_1)^3}{6} + \ldots\ldots, \tag{14}$$

setzt für den Frequenzhub $\Omega_0 - \Omega_1 = D$ ein und berücksichtigt, daß die dem Frequenzmodulator angebotene Frequenz gleich

$$\Omega = \Omega_1 - \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{ist,} \tag{15}$$

dann erhält man nach einigen Umformungen

$$\Omega = \Omega_0 + D\left\{\sin\omega(t - \tau_0) - \omega\frac{\Delta\tau_1}{2}\sin 2\omega t - \omega\frac{\Delta\tau_2}{4}\cos 3\omega t - \ldots\right\}. \tag{16}$$

Hier ist noch die Laufzeit

$$\tau = \frac{d\Phi}{d\Omega} = \left(\frac{d\Phi}{d\Omega}\right)_{\Omega_0} + \left(\frac{d^2\Phi}{d\Omega^2}\right)_{\Omega_0}D + \left(\frac{d^3\Phi}{d\Omega^3}\right)_{\Omega_0}\frac{D^2}{2} + \ldots = \tau_0 + \Delta\tau_1 + \Delta\tau_2 + \ldots \tag{17}$$

eingeführt worden. Die Klirrfaktoren f_2 und f_3 stehen mit den Laufzeitverzerrungen $\Delta\tau_1$ und $\Delta\tau_2$ in der Beziehung

$$f_2(\omega) = \frac{\omega}{2}\Delta\tau_1 \quad \text{und} \quad f_3(\omega) = \frac{\omega}{4}\Delta\tau_2. \tag{18}$$

Die Klirrfaktoren sind also der Modulationsfrequenz proportional. Außerdem sind die höheren Harmonischen nicht mehr phasengleich mit der Grundschwingung. Die so berechneten Klirrfaktoren stellen eine erste Näherung dar, die bei nicht zu hohen Modulationsfrequenzen zulässig ist.

Wird das Übertragungssystem nicht mit einer Einzelschwingung, sondern mit dem Schwingungsgemisch eines Mehrkanalsystems mit m Kanälen beaufschlagt, dann besteht zwischen den Klirrfaktoren n-ten

Grades und dem im r-ten Kanal gemessenen Störverhältnis g_n nach Lewin [6] die Beziehung:

$$(19) \qquad g_n(u_o) = \frac{\sqrt{4\,h_n\left(\frac{r}{m}\right)}}{u_o^{\,n+3}} \int\limits_0^\infty f_n(z)\, e^{-\frac{z^2}{u_o^2}} z^{n+2}\, dz\,.$$

Hierin ist $h_2\left(\frac{r}{m}\right) = \left(1 - \frac{r}{2m}\right)$; $h_3\left(\frac{r}{m}\right) = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{3}\left(\frac{r}{m}\right)^2\right)$ usw.

Bei kleinem u_0 kann man dafür setzen

$$(20) \qquad g_2^2(u_o) = 4\left(1 - \frac{r}{m}\right) f_2^2\,; \quad g_3^2(u_o) = 18\left(1 - \frac{1}{3}\left(\frac{r}{m}\right)^2\right) f_3^2\,.$$

f_2 und f_3 sind auf die Gesamtaussteuerung des Systems bezogen. Man erhält die Klirrfaktoren bei Kanalaussteuerung aus

$$(21) \qquad f_n = k_n \cdot x^{-(n-1)}$$

, so daß schließlich

$$(22) \qquad g_2^2(u_o) = 4\left(1 - \frac{r}{2m}\right) k_2^2 \cdot x^{-2}; \quad g_3^2(u_o) = 18\left(1 - \frac{1}{3}\left(\frac{r}{m}\right)^2\right) k_3^2 \cdot x^{-4}$$

wird.

Diese Gleichungen gelten in gleicher Weise für die frequenzunabhängigen und die frequenzabhängigen Verzerrungen. Bei ersteren ist g am größten im untersten Kanal, bei letzteren im obersten Kanal ($r = m$), da $k_n(\omega)$ proportional ω ist. Die Maximalwerte sind daher

$$(23) \qquad \begin{array}{l|l} g_2^2(u_o) = 4\,k_2^2(u_o)\,x^{-2} & g_2^2(2\pi D) = 2\,k_2^2\left(\frac{\omega_m}{2}\right) x^{-2} \\ g_3^2(u_o) = 18\,k_3^2(u_o)\,x^{-4} & g_3^2(2\pi D) = 12\,k_3^2\left(\frac{\omega_m}{3}\right) x^{-4}. \end{array}$$

Die den ungeradzahligen Harmonischen entsprechenden Klirrprodukte ($g_3(u_0)$, $g_5(u_0)$ usw.) enthalten Anteile, die sich in aufeinanderfolgenden Zwischenämtern spannungsmäßig addieren (50 % bei $g_3^2(u_0)$), während die übrigen nur leistungsmäßig zu summieren sind. Bei den durch Phasenverzerrungen hervorgerufenen Übersprechanteilen ist in allen Fällen eine leistungsmäßige Summierung zulässig, da zwischen der Grundschwingung und den höheren Harmonischen eine Phasenverschiebung besteht.

Läßt man für alle 4 Störanteile der Gl. 23 gleich große Werte zu und berücksichtigt, daß der mittlere Pegel in den störenden Kanälen nach Holbrook-Dixon nur $P = -1{,}15$ ist, dann gilt für die Mindestwerte der Klirrdämpfungen beim Pegel 0:

$$(24) \qquad \text{a)}\ b_{k_2}\left(\frac{\omega_m}{2}\right) = 6{,}65\,(6{,}3) + 0{,}7 + 0{,}35 + 2\,\text{P} - \ln x + \frac{1}{2}\ln q$$

$$\text{b)}\ b_{k_2}\,(u_o) = 7{,}35\,(7{,}0) + 0{,}7 + 2\,\text{P} - \ln x + \frac{1}{2}\ln q'$$

c) $b_{k_3}\left(\frac{\omega_m}{3}\right) = 7{,}35\,(7{,}0) + 1{,}24 + 3\,\mathrm{P} - 2\ln x + \frac{1}{2}\ln q$

d) $b_{k_3}\ (u_0) \ = 7{,}35\,(7{,}0) + 1{,}45 + 3\,\mathrm{P} - 2\ln x + \frac{1}{2}\ln\frac{q'}{2} + \ln\frac{q'}{2}\cdot$

q' bzw. q ist hierbei die Zahl der Zwischenämter, in denen Amplituden- bzw. Phasenverzerrungen auftreten.

Die nachstehende Tabelle gibt für 24 Kanäle die erforderlichen Klirrdämpfungen an, wobei angenommen wird, daß in einem Verbindungsabschnitt dreimal bis auf das Trägerfrequenzsystem heruntermoduliert wird $q' = 3$).

$b_{k_2}(u_0)$	$b_{k_3}(u_0)$	$b_{k_2}\left(\frac{\omega_m}{2}\right)$	$\Delta\tau_1$	$b_{k_3}\left(\frac{\omega_m}{3}\right)$	$\Delta\tau_2$	
8,45 N (73,5 db)	10,26 (89,2)	9,15 (79,5)	$5{,}6\cdot10^{-10}$	11,04 (96)	$2{,}5\cdot10^{-10}$	zwischenstaatl. Verbindung
8,1 N (70,4 d b)	9,91 (86)	8,35 (72,5)	$1{,}2\cdot10^{-9}$	10,24 (89)	$5{,}6\cdot10^{-10}$	innerdeutsche Verbindung

Ein erheblicher Anteil der Phasen- oder Laufzeit-Verzerrungen entfällt auf fehlangepaßte Energieleitungen zwischen den Geräten und den Antennen (long line effect). Bei kurzen Leitungen kann man $\Delta\tau_1$ und $\Delta\tau_2$ und damit $k_2(\omega)$ und $k_3(\omega)$ aus dem Phasenwinkel zwischen der Generatorspannung und der Klemmenspannung an der Antenne berechnen [7].

Für beliebige Leitungslängen, aber unter der Annahme frequenzunabhängiger Reflexionsfaktoren führt das von Lewin [6] angegebene Verfahren zu genauen Ergebnissen für die Gesamtverzerrung. Man findet für das Störverhältnis im obersten (m-ten) Kanal, herrührend von Verzerrungen beliebiger Ordnung

$$G\,(2\pi D) = k\,p\,p'\,\frac{1}{2\,\eta}\cdot\Psi\,(2\pi D\tau). \tag{25}$$

Hierin sind p bzw. p' die Reflexionsfaktoren am Ende bzw. Anfang der Leitung, $k = e^{-2al}$ die Dämpfung auf einer Leitung von doppelter Länge, $\tau = l/v$ die Laufzeit auf der Leitung und $\Psi\,(2\pi D\tau)$ eine Funktion, deren Werte aus Bild 4 entnommen werden können. Hubverhältnis η und Frequenzhub D sind auch hier wieder auf die Gesamtaussteuerung bezogen.

Liegt $\Psi\,(2\pi D\tau)$ im aufsteigenden Ast, dann kann man bei gegebenem p und p' das Übersprechen durch geeignete Wahl von $\tau = l/v$, also der Leitungslänge l in den geforderten Grenzen halten. Dabei muß l um so kleiner werden, je größer das Produkt der Reflexionsfaktoren $p\cdot p'$ ist.

Überschreitet $2\pi D\tau$ den Wert von etwa 1, dann kann man nur durch Kleinhalten von $p\cdot p'$ das Übersprechen genügend weit herunterdrücken.

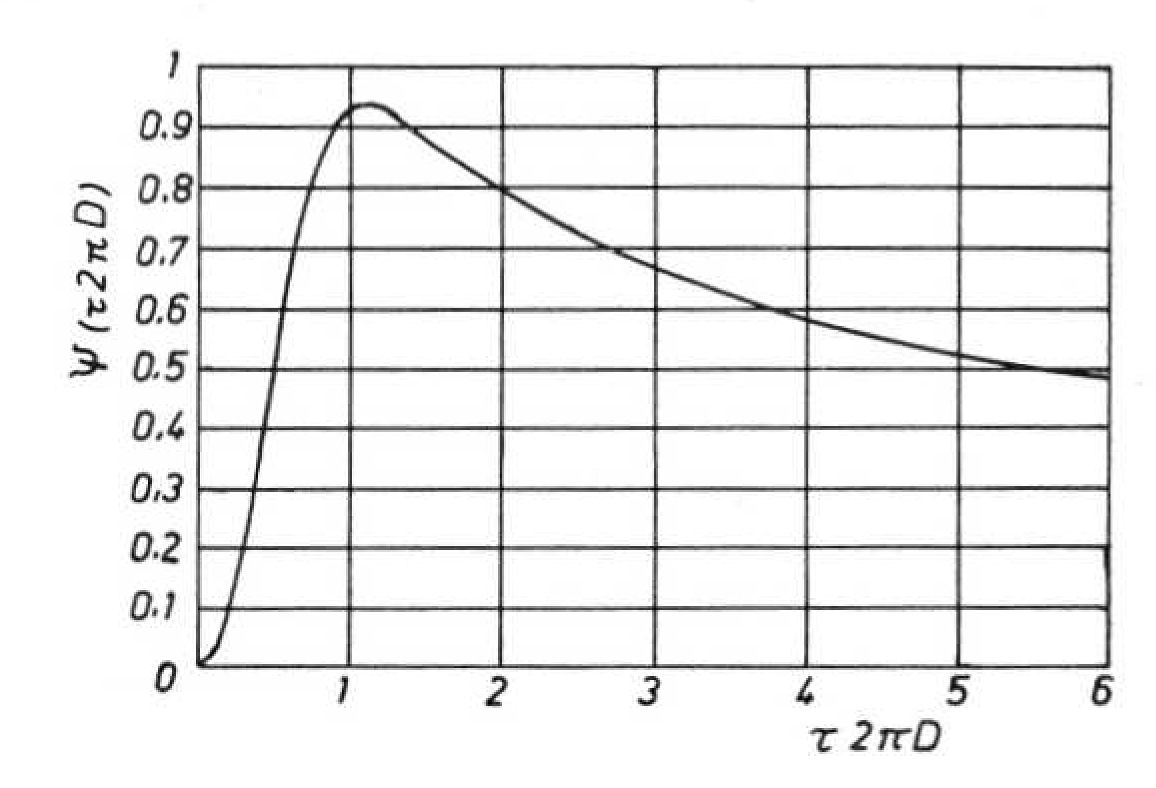


Bild 4. Verlauf der Funktion Ψ $(\tau\, 2\, \pi\, D)$ in Abhängigkeit von $(\tau\, 2\, \pi\, D)$.

Auf jeder Zwischenstation muß der Leitungsfehler zweimal berücksichtigt werden (Empfänger → Antenne, Sender → Antenne). Es wird ferner angenommen, daß die Hälfte der Phasenverzerrungen auf die übrigen HF-Kreise entfällt und daß der Anteil der Amplitudenverzerrungen in der Gesamtverbindung ebenso groß ist wie der der Phasenverzerrungen. Dann ergibt sich für einen Verbindungsabschnitt bezogen auf den Pegel 0 die Bedingung

$$\ln G\, (2\, \pi\, D) \leqq -\, (6{,}65\ (6{,}3) + 3 \cdot 0{,}35) = -\, 7{,}7\ (7{,}35)\ \mathrm{N}\, . \tag{26}$$

Da der mittlere Kanalpegel P Neper beträgt, sind η und D in Gleichung (25) mit dem Pegel $P - \ln x$ einzusetzen. Dann bezieht sich aber, der Ableitung entsprechend, $G\ (2\, \pi\, D)$ auf den Pegel P im Nutzkanal. Um das Störverhältnis $G\ (2\, \pi\, D)$ beim Pegel 0 im Nutzkanal zu erhalten, muß daher zu dem Ergebnis noch P hinzuaddiert werden. Die Forderung lautet also:

$$\ln G\, (2\, \pi\, D)_0 = \ln \left[k\, p\, p' \frac{1}{2\, \eta}\, \Psi\, (2\, \pi\, D\, \tau) \right]_{P - \ln x} + P + \frac{1}{2} \ln \mathrm{q} = -\, 7{,}7\ (7{,}35)\ \mathrm{N}\, . \tag{27}$$

Hieraus erhält man die zulässigen Werte für $p\, p'$ oder $\tau = l/v$. Setzt man noch für $\eta = \eta_g \cdot \mathrm{e}^P$ und $D = D_g\, \mathrm{e}^P$ ein, so wird

$$-\ln p\, p' = 7{,}7\ (7{,}35) - \ln 2\, \eta_g + \ln \Psi (2\, \pi\, D_g\, \mathrm{e}^P\, \tau) + \frac{1}{2} \ln q\, . \tag{28}$$

Da Ψ $(2\, \pi\, D\, \tau)$ nie größer als 0,925 werden kann, werden bei beliebigen Leitungslängen die Übersprechbedingungen eingehalten, wenn

$$-\ln p\, p' = 7{,}62\ (7{,}27) - \ln 2\, \eta_g + \frac{1}{2} \ln q\, . \tag{29}$$

Für $\eta_g = 3$ beim Pegel 0 und $q = 25$ bei zwischenstaatlichen ($q = 10$ bei innerdeutschen) Verbindungen ergibt dies schließlich

$$-\ln p\, p' = 7{,}62\ (7{,}27) - 1{,}79 + 1{,}6\ (1{,}15) = 7{,}43\ (6{,}63)\ \ \mathrm{N} \tag{30}$$

oder $\quad p\, p' = 6 \cdot 10^{-4}\ (13{,}2 \cdot 10^{-4})$

bzw. $\quad p = p' = 2{,}4\ \%\ (3{,}6\ \%)$.

Kann daher der Anpassungsfehler an beiden Leitungsenden unter 2,4 (3,6) % gehalten werden, dann werden bei beliebig langer Leitung die Übersprechwerte den zulässigen Wert nicht überschreiten.

Liegen jedoch p und p' über diesem Betrag, dann muß an Hand der Gleichung (28) die noch zulässige Höchstlänge der Leitung ermittelt werden. Es ist nämlich

$$(31)\qquad -\ln \Psi(2\pi D\tau) = 7{,}7\,(7{,}35) - \ln 2\,\eta_g + \ln p p' + \frac{1}{2}\ln 25\,(10)\,.$$

In Bild 5 sind die so berechneten Beziehungen zwischen den Reflexionsfaktoren und der zulässigen Länge der Energieleitungen für verschiedene Kanalzahlen aufgetragen. Zu beachten ist hierbei die starke Abhängigkeit der zulässigen Höchstlängen von der Kanalzahl (umgekehrt proportional).

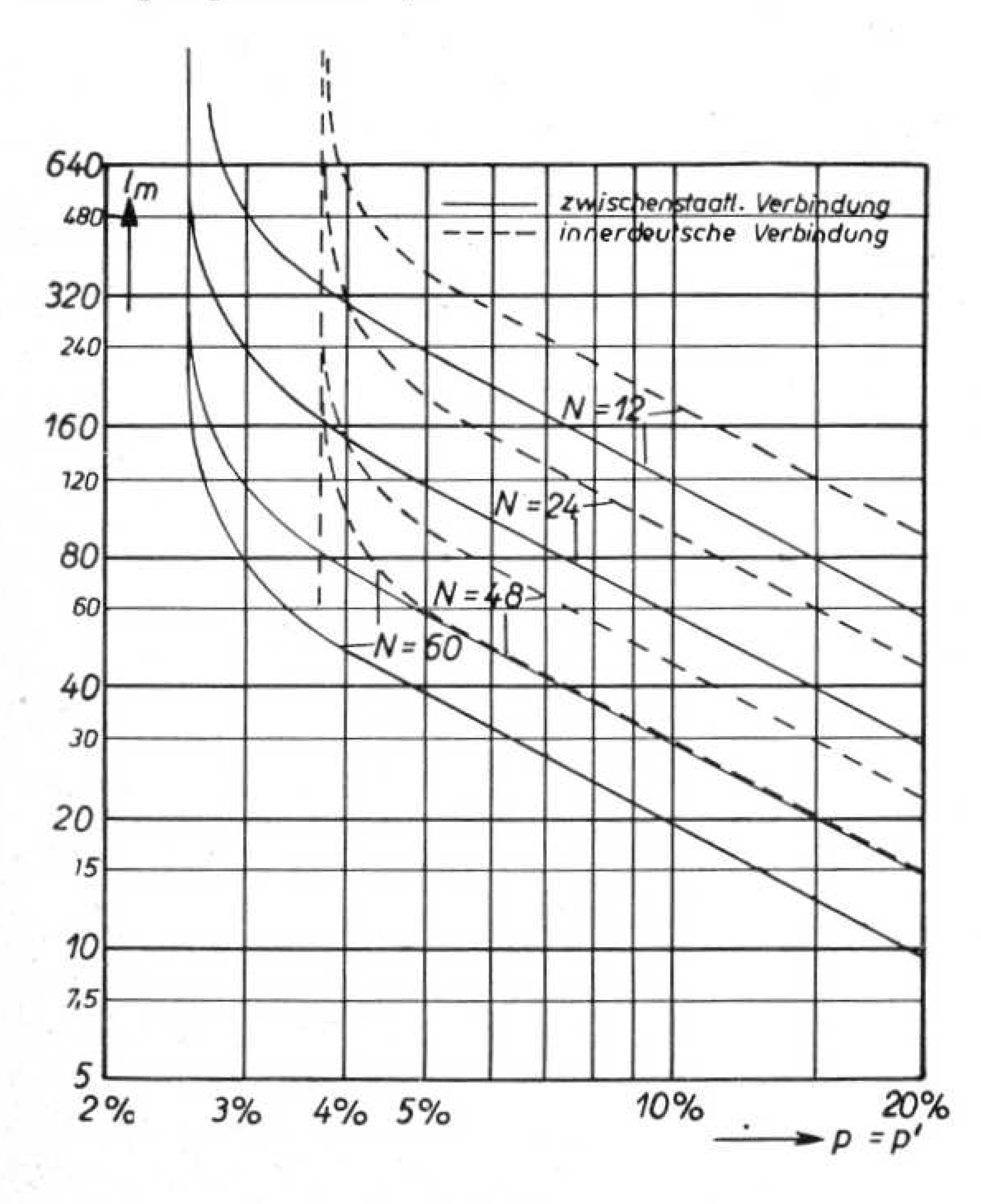


Bild 5. Abhängigkeit der zulässigen elektrischen Länge von Antennenleitungen von den Reflexionsfaktoren am Anfang und Ende der Leitung ($p = p'$) und von der Kanalzahl $m = N$ bei $\eta = 3$.

Die 3. Art von nichtlienaren Verzerrungen bei frequenzmodulierten Schwingungen kommt durch teilweise Unterdrückung der bei der Modulation entstehenden Seitenbandschwingungen in den Filterkreisen zustande. Bei symmetrischer Begrenzung des Übertragungsfrequenzbereiches treten im wesentlichen nichtlineare Verzerrungen 3. Grades auf [8]. Der Klirrfaktor nimmt aber mit abnehmender Aussteuerung sehr

schnell ab, wie nachstehende Tabelle zeigt. Es ist hierbei die Bandbreite so bemessen, daß bei voller Aussteuerung von $\eta = 3$ ein Klirrfaktor k_3 von 1 % ensteht. Bei einem Rückgang der Aussteuerung auf 80 % ist der Klirrfaktor bereits auf 1 ‰ gesunken, während bei der zum Vergleich angegebenen gekrümmten Kennlinie der Klirrfaktor nur im Ver-

$\eta =$	3	2	1	
b_{k_3}	4,8	7,5	11,8	m
	41,6	65	102	db
b_{k_3} bei einer Kennlinie $s = a_1 u + a_3 u^3$	41,6	48,6	61,1	db

hältnis 1 : 2 abnimmt. Es erscheint daher berechtigt, dem Einfluß der Bandbegrenzung weniger Gewicht beizumessen als den unter 1. und 2. behandelten Verzerrungsursachen. Es dürfte gerechtfertigt sein, die Bandbreite nur so groß zu bemessen, daß bei voller Aussteuerung k_3 nicht größer als 1 % wird.

c) **Erforderliche Bandbreite**

Nach dieser Festlegung kann die notwendige Bandbreite für beliebige Kanalzahlen und Frequenzhübe angegeben werden. Die Abhängigkeit der Bandbreite B von der höchsten Modulationsfrequenz M und dem Frequenzhub η wird gewöhnlich in der Form gegeben

$$B = 2\,(M + K\,D) = 2\,M\,(1 + K\,\eta). \tag{32}$$

Der Faktor K hängt von der gewünschten Übertragungsqualität ab. Für einen Klirrfaktor von 1 % bei voller Aussteuerung ergeben sich die in Bild 6 dargestellten Werte der HF-Bandbreite für Kanalzahlen von 12 bis 60 und Hubverhältnisse von 1 bis 10. Der Faktor K bewegt sich dabei zwischen 1 und 1,8.

Die tatsächlich ausgestrahlte Bandbreite ist in der Regel größer als die notwendige Bandbreite B, und zwar infolge der Frequenzschwankungen der mittleren Trägerfrequenz und des Auftretens von höheren Harmonischen der Modulationsfrequenzen. Die maximalen Frequenzabweichungen bewegen sich aber selbst bei 300 MHz praktisch nur zwischen ± 3 und ± 30 kHz, sind also praktisch belanglos. Ebenso sind zusätzliche Bandverbreiterungen durch Modulationsverzerrungen bei FM-Systemen nicht zu befürchten, da diese schon mit Rücksicht auf die Nebensprechbedingungen sehr klein gehalten werden müssen. Auch liegen nach den obigen Festlegungen die Seitenbandamplituden außerhalb von B unterhalb von 1 % der unmodulierten Trägeramplitude. Man kann daher die tatsächlich ausgestrahlte Bandbreite der erforderlichen Bandbreite gleichsetzen.

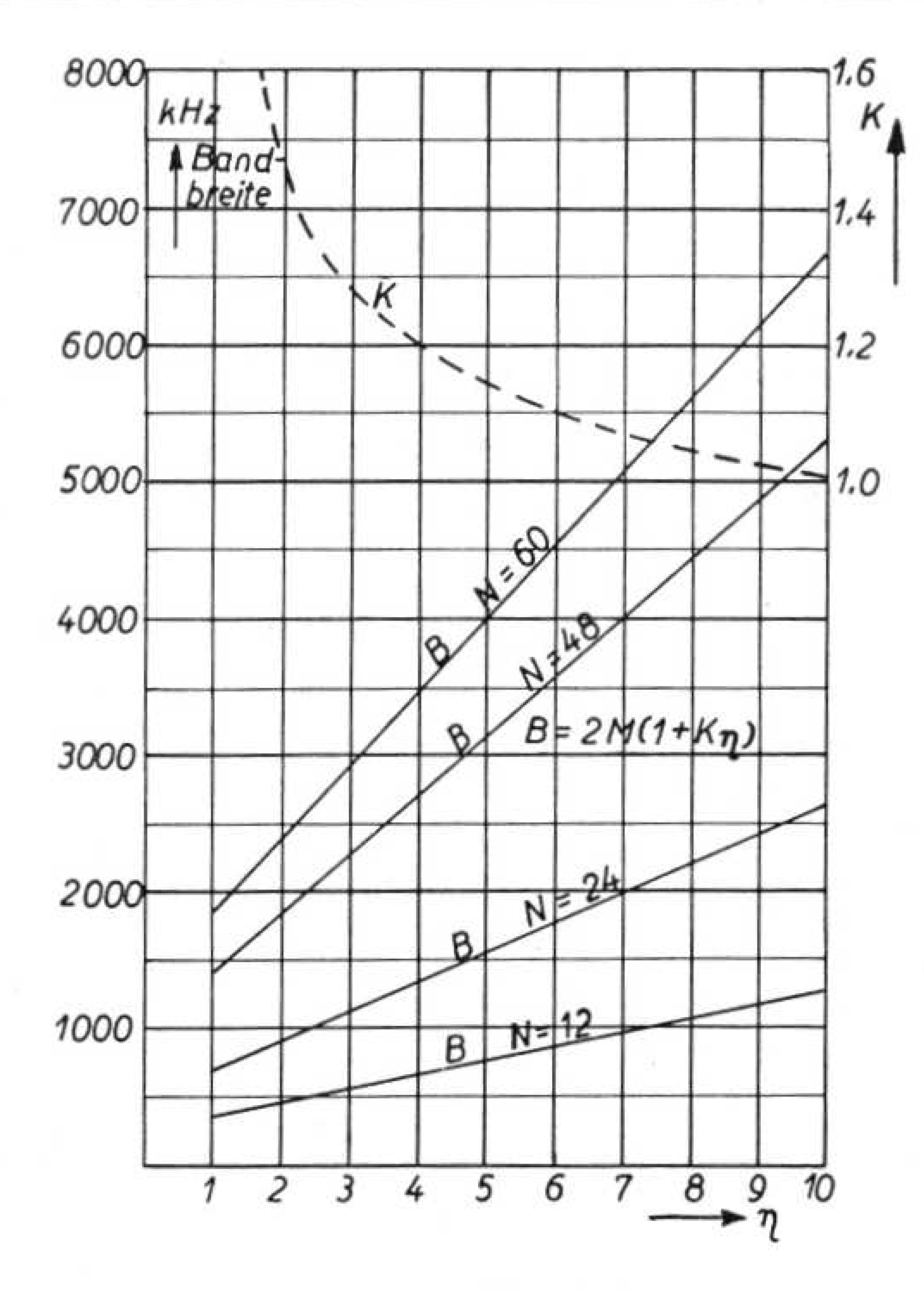


Bild 6. Erforderliche Bandbreite abhängig vom Hubverhältnis η und von der Kanalzahl $m = N$

d) **Abstand zwischen benachbarten HF-Kanälen**

Für den erforderlichen Frequenzabstand zwischen zwei HF-Nachbarkanälen ist in erster Linie die Selektivität der Empfangsanlagen maßgebend. Ist der Abstand größer als etwa B, dann macht sich die Beeinflussung durch den Nachbarkanal als verständliches Übersprechen bemerkbar. Das Störverhältnis ist dann nach Küpfmüller [8]

$$g = \frac{1}{2} \frac{U_s^2}{U_0^2} \cdot \eta_s, \tag{33}$$

wobei U_s die Störamplitude durch den Nachbarkanal (Träger) und U_0 die Amplitude des Nutzträgers sind. Die Bedingung für die Störfreiheit lautet daher

$$\ln \frac{U_0}{U_s} = \frac{8{,}25\,(7{,}25)}{2} - \frac{1}{2} \ln 2 + P = 2{,}62\,(2{,}22)\,\mathrm{N} \text{ oder } 23{,}8\,(19{,}3)\,\mathrm{db}. \tag{34}$$

Die Störspannung U_s muß also in dem Bereich zwischen $a-(D_s+\Delta f_s)$ bis $a+(D_s+\Delta f_s)$ durch geeignete Filter auf einen Betrag von mindestens 23,8 (19,3) db unter die Nutzspannung U_0 heruntergedrückt werden (a HF-Kanalabstand, D_s Frequenzhub und Δf_s Frequenztoleranz des Nachbarkanals). Mit Rücksicht auf den schrägen Verlauf der Filterflanken kann man jedoch an der dem Nutzkanal benachbarten Seite eine geringere Dämpfung der Nachbarfrequenzen zu-

lassen, wenn die Dämpfung des Filters innerhalb des Nachbarkanals entsprechend stärker anwächst. Für das Übersprechen ist dann allerdings noch eine an der Filterflanke entstehende amplitudenmodulierte Komponente des Nachbarkanals zu berücksichtigen.

Für benachbarte Empfangskanäle sind Kanalabstände von 1,3 bis 1,4 B mit den heutigen technischen Mitteln unschwer zu verwirklichen. Zwischen Sende- und Empfangskanal sind beim Betrieb am gleichen Ort größere Frequenzabstände erforderlich, auch müssen zur Vermeidung von Kreuzmodulation usw. im Empfänger Vorselektionsmittel angewendet werden.

e) Zweckmäßigste Kanalzahl

Bei Linien mit stärkerem Verkehr können die nötigen Kanäle auf einem Sender mit vielen Kanälen oder auf mehreren Sendern mit wenig Kanälen übertragen werden. Die Zweckmäßigkeit der einen oder anderen Lösung ist vom Gesichtspunkt der Bandbreite, des Leistungsaufwandes, des technischen Aufwandes und der gegenseitigen Beeinflussung aus zu beurteilen.

Die nachstehende Tabelle zeigt die erforderlichen Bandbreiten und Kanalabstände, wenn 12 bis 60 Kanäle über einen einzigen Sender übertragen werden, wobei der Frequenzhub auf gleichen Rauschabstand in jedem Kanal eingestellt wird. Darunter ist das benötigte Frequenzband (a') angegeben, wenn entsprechend viele Einzelsender mit je 12 Kanälen betrieben werden. Der Kanalabstand ist dabei nach der Formel

$$a = 1{,}3\ (B + \Delta f) \tag{35}$$

berechnet worden. Wie man sieht, ist der F r e q u e n z b a n d a u f - w a n d in beiden Fällen ungefähr g l e i c h g r o ß.

$m =$	12	24	48	60	
$\eta_g =$	2	2,21	2,33	2,45	
$B =$	470	970	2000	2600	kHz
$a =$	610	1260	2600	3400	kHz
$a' =$	610	1220	2440	3050	kHz

Dagegen wächst der G e s a m t l e i s t u n g s a u f w a n d p r o - p o r t i o n a l mit d e r S e n d e r z a h l, da bei gleicher Güte in beiden Fällen für jeden Einzelsender die gleiche Leistung zugrunde zu legen ist.

Ebenso nehmen die Möglichkeiten der gegenseitigen Beeinflussung durch Kreuzmodulation und des Auftretens von Kombinationsschwingungen in den Empfängern mit wachsender Senderzahl zu.

Andererseits sind die Bedingungen hinsichtlich der Anpassungsfehler in den Energieleitungen bei großen Kanalzahlen schwieriger zu erfüllen.

Im ganzen gesehen ist es wirtschaftlich und technisch günstiger, auf einem HF-Kanal möglichst viele Sprechkanäle zu übertragen. Aus

Sicherheitsgründen kann es allerdings zweckmäßiger sein, zwei Sender mit der halben Kanalzahl vorzusehen, da im Falle der Störung eines Senders dann immer noch die Hälfte der Sprechkanäle zur Verfügung steht und auch die Ersatzhaltung weniger aufwendig ist. Den meisten auftretenden Bedürfnissen dürften wohl Einheiten mit 24 Kanälen entsprechen.

2. Übertragungssysteme mit Puls-Phasen-Modulation (PPM) und ihre elektrischen Bestimmungsgrößen

Impulsmodulationssysteme kommen wegen ihres großen Frequenzbandaufwandes nur bei den kürzeren Meterwellen (300 MHz Band) und auch dort nur in Ausnahmefällen in Frage. Sie besitzen den Vorteil, daß sie zur Trennung der Sprechwege keine Filter benötigen und die volle Ausnutzung des Frequenzbandes bis zur Frequenz Null ermöglichen, so daß der Gleichstromruf und die Gleichstromwahl unmittelbar übertragen werden können. Sie sind daher vor allem für Verbindungen in der unteren Netzebene (Netzgruppen) geeignet.

Bei der Puls-Phasenmodulation wird die zeitliche Lage periodisch aufeinanderfolgender Impulse, die kurz gegenüber ihren Zeitabständen gemacht werden, durch die Sprachschwingungen beeinflußt. Auf die Periode der höchsten Nachrichtenfrequenz müssen mindestens 2 Impulse entfallen, was bei einer Sprachbandbreite von 4000 Hz eine Impulsfolgefrequenz von 8000 Hz ergibt. In die Pausen zwischen 2 zu einem Sprachkanal gehörigen Impulsen können zusätzliche Impulsfolgen für weitere Kanäle eingeschaltet werden. Man geht jedoch im Hinblick auf die mögliche Impulsbreite und auf die Frequenzbandbreite nicht über 24 Kanäle hinaus. Die zeitlich gegeneinander versetzten Impulsfolgen der einzelnen Kanäle werden empfangsseitig mit einem synchron gesteuerten Schalter abgetastet und den zugehörigen Systemen zugeführt. Für die Modulation steht der Zeitabstand zwischen zwei Impulsen zur Verfügung. Die Ausnutzbarkeit dieses Abstandes ist jedoch mit Rücksicht auf das Übersprechen eingeschränkt.

a) Übersprechen und Bandbreite

Für das Nebensprechen von einem Kanal auf den Nachbarkanal spielen bei der PPM die nichtlinearen Verzerrungen keine Rolle. Diese beeinflussen nur den Klirrfaktor im Kanal selbst. Das Nebensprechen kommt bei PPM durch das Übergreifen von Impulskomponenten in den Nachbarkanal zustande. Benutzt man zur Demodulation die vordere Impulsflanke, dann kann man nach Küpfmüller [8] die Nebensprechdämpfung aus der Flankenverschiebung berechnen, die ein Impuls im Nachbarkanal hervorruft.

Legt man die günstigste Impulsform, die das geringste Überschwingen hervorruft, zugrunde, nämlich

$$f(t) = \frac{\Omega_g}{2\pi} \cdot \frac{\mathrm{Si}\,\Omega_g t}{1-(\Omega_g/2\pi)^2}, \tag{36}$$

dann gilt für die Nebensprechdämpfung

$$b_n = \ln \frac{0{,}12}{\pi^2}\, \Omega_g\, T_1\, (\Omega_g\, T_1 - 2{,}9)^3 \text{ Neper.} \tag{37}$$

Hierin ist $\Omega_g/2\pi = B/2$ die halbe Bandbreite und T_1 der Abstand zweier aufeinanderfolgender unmodulierter Impulse.

Für eine Nebensprechdämpfung von 8,25 (7,45) N ergibt sich hieraus $\Omega_g T_1 = 26$ (22). Da $T_1 = 1/2\,m\,b$ (m = Kanalzahl, b = Sprechbandbreite) ist, erhält man die erforderliche HF-Bandbreite zu

$$B = 2 \cdot \frac{26\,(22)}{\pi}\, m\, b \text{ Hz}. \tag{38}$$

Bei der Höchstzahl von 24 Kanälen ergibt sich somit eine Mindest-Bandbreite von

$$B = 2 \cdot 8{,}28\ (7) \cdot 24 \cdot 4000 = 1{,}59\ (1{,}35)\ \text{MHz}.$$

Das Hochtastverhältnis, d. h. das Verhältnis der Spitzenleistung zur mittleren Leistung, das auch gleich dem Verhältnis der Kanalschaltzeit zur Impulsbreite ist ($B/4\,m\,b$), ist in diesem Falle gleich 4,14 (3,5). Die gleiche Bandbreite würde man bei FM bei einem Hubverhältnis von $\eta = 4{,}6$ (4) erhalten.

b) Geräuschabstand und Bandbreite

Die Reduktion des Störverhältnisses bei PPM gegenüber Amplitudenmodulation ist nach Küpfmüller [8] bei unregelmäßigen Störungen gegeben durch die Beziehung

$$g_{\mathrm{PPM}}/g_{\mathrm{AM}} = 3{,}25 \cdot 2\,m\,b\,\sqrt{m}/B\,. \tag{39}$$

Da $g_{\mathrm{AM}} = U_s/U_0 = 1/v_0$ ist, wird der Störabstand am Ausgang des Empfängers bei einem Modulationsgrad $\mathfrak{m}$ im Kanal

$$v_a = \frac{v_0}{3{,}25}\, \frac{B}{2\,m\,b}\, \frac{\mathfrak{m}}{\sqrt{m}}. \tag{40}$$

Nach Holbrook-Dixon muß man bei Sprache mit Spitzenwerten rechnen, die um 1,4 N über dem Pegel 0 liegen. Bei Verwendung von Kanalbegrenzern kann man diese Spitzenwerte auf 0,9 N herabdrücken. Die Aussteuerung liegt also beim Pegel Null um 1,4 bzw. 0,9 N unter der Vollaussteuerung ($\mathfrak{m} = 0{,}25$ bzw. $0{,}4$).

Vergleicht man hiermit den Störabstand bei FM nach Gleichung (7), so erhält man

$$v_{a\,\mathrm{FM}}/v_{a\,\mathrm{PPM}} = \eta_g\, (3{,}25/\sqrt{2}) \cdot (2\,m\,b/B) \cdot (\sqrt{m}\,x/\mathfrak{m}). \tag{41}$$

Setzt man für η_g aus Bild 6 den Wert ein, der bei gleicher Kanalzahl die gleiche Bandbreite B ergibt wie bei PPM, dann ergeben sich für $v_{a\,\mathrm{FM}}/v_{a\,\mathrm{PPM}}$ die S. 297 stehenden Werte. Man erkennt, daß bei gleicher Bandbreite das FM-System 2 bis 3 mal bessere Rauschabstände liefert

als das PPM-System, und daß dieser Unterschied mit der Kanalzahl zunimmt.

$m =$	12	24	Kanäle
$B =$	795 (675)	1590 (1350)	kHz
$\eta =$	4,6 (4,0)	4,6 (4,0)	
$1/x =$	7,76	8,56	
$v_{a_{FM}}/v_{a_{PPM}} =$	2,3 (2,36)	2,94 (3,02)	ohne Ampl. Begrenzer $\mathfrak{m} = 0{,}25$
$v_{a_{FM}}/v_{a_{PPM}} =$	1,43 (1,47)	1,83 (1,88)	mit Ampl. Begrenzer $\mathfrak{m} = 0{,}4$

Der erforderliche Störabstand v_0 am Systemeingang kann aus Gleichung (40) berechnet werden. Es ist

$$\ln v_0 = \ln v_a + \ln 3{,}25 - \ln 8{,}28\ (7{,}0) + 1/2 \ln m + 1{,}4\ (\text{bzw. } 0{,}9). \tag{42}$$

Das Verhältnis Nutz- zu Störspannung muß daher am Eingang ohne Kanalbegrenzer 10,32 (9,82) N und mit Kanalbegrenzer 9,68 (9,18) N betragen. Durch Vergrößerung der Bandbreite über das durch die Nebensprechfreiheit bedingte Maß hinaus kann man den Störabstand nach Gleichung (40) noch verbessern. Vielfach wird ein Hochtastverhältnis von 10 an Stelle des unter a) berechneten niedrigeren Wertes gewählt. Setzt man den entsprechenden Wert (von 20) für $B/2\,m\,b$ ein, so erniedrigt sich U_0/U_s auf 9,42 (8,77) N ohne und auf 8,78 (8,13) N mit Kanalbegrenzer.

Die tatsächlich ausgestrahlte Bandbreite ist auch bei der Impulsmodulation nur um den doppelten Betrag der Frequenztoleranz größer als die oben errechnete notwendige Bandbreite, wenn die günstigste Impulsform nach Gleichung (36) verwendet wird. Diese wird erhalten, wenn die Teilfrequenzen des Rechteckimpulses innerhalb des übertragenen Frequenzbandes mit einer nach der Bandgrenze ansteigenden Dämpfungskurve bedämpft werden. Dann ergibt sich von selbst, daß die Amplituden außerhalb des notwendigen Frequenzbandes unter 1 % herabsinken. Zweckmäßigerweise wird ein möglichst großer Anteil dieses Dämpfungsanstiegs in die Hochfrequenzkreise nach der letzten Röhrenstufe gelegt.

c) Abstand zwischen benachbarten HF-Kanälen

Bei PPM kommen Störungen durch benachbarte Sender, die ebenfalls mit Pulsmodulation betrieben werden, zustande, wenn die Störimpulse auf die abgetastete Flanke der Nutzimpulse fallen. Treffen sie in die Zwischenräume zwischen den Nutzimpulsen, dann stören sie nur, wenn sie einen bestimmten Schwellwert übersteigen, da die Nutzimpulse am Fuße beschnitten werden können. Beim Zusammentreffen von Nutz- und Störimpuls kann man die Störbeeinflussung wie bei Sinusstörern ermitteln. In diesem Fall ist

(43) $$v_a = (v_0/3{,}25)\ (B/2\,m\,b)^{3/2}\mathfrak{m}\,,$$

so daß sich für v_0 die Bedingung ergibt

(44) $$\ln v_0 = 8{,}25\ (7{,}0) + \ln 3{,}25 - 3/2 \ln 8{,}28\ (7{,}0)\,.$$

Das Verhältnis U_0/U_s muß daher bei zwischenstaatlichen Verbindungen mindestens 7,66 N (66,6 db) ohne Kanalbegrenzer und 7,15 N (62 db) mit Kanalbegrenzer und bei innerdeutschen Verbindungen mindestens 7,11 (61,7 db) bzw. 6,61 N (57,4 db) betragen.

Für ein Hochtastverhältnis von 10 erhält man wie unter b) günstigere Bedingungen für das Nebensprechen zwischen benachbarten HF-Kanälen. Es genügt dann ein Verhältnis U_0/U_s von 6,3 (5,5) N ohne und von 5,8 (5,0) N mit Kanalbegrenzer.

Die Bedingungen sind aber auch dann noch wesentlich schärfer als bei FM-Systemen. Da jedoch die Wahrscheinlichkeit, daß die störenden Impulse mit ihrer Spitze gerade auf die abgetastete Nutzflanke fallen, klein ist, reichen praktisch geringere Störabstände aus. Der Abstand zwischen Nachbarkanälen, die mit Impulsmodulation betrieben werden, kann daher ähnlich wie bei FM-Systemen etwa gleich dem 1,4fachen der erforderlichen Bandbreite gewählt werden. Bei 24 Kanälen ist also ein Kanalabstand von 2,2 (1,9) MHz, bei Systemen, die mit einem Hochtastverhältnis von 10 arbeiten, sogar von rd. 5,5 MHz erforderlich. Ein FM-System mit gleicher Übertragungsgüte beansprucht demgegenüber nur einen Kanalabstand von 1,2 bzw. 1,6 MHz.

3. Ausgeführte Anlagen

Funkbrücken im Meterwellenbereich haben in den letzten Jahren in Europa in zunehmendem Maße Beachtung gefunden, namentlich zur nachrichtenmäßigen Verbindung von vorgelagerten Inseln mit dem Festland. Erwähnt seien nur die Verbindungen zwischen dem französischen Festland und Korsika [9] und zwischen Chaldon und Guernsey sowie zwischen Holyhead und Douglas in Großbritannien. In Deutschland wurden solche Meterwellenverbindungen zwischen Berlin und den Westzonen im Jahre 1948 eingerichtet und seitdem wesentlich ausgebaut. Zur Zeit werden von der (DBP) Deutschen Bundespost 3 Fernsprechlinien mit je 15 Kanälen und 2 Rundfunklinien zwischen Berlin und Torfhaus (Harz), 1 Fernsprechlinie mit 15 Kanälen und eine Rundfunklinie zwischen Berlin und Hamburg mit einer Relaisstelle in Höhbeck (Kreis Dannenberg) betrieben. Daneben bestehen noch eigene Linien der Besatzungsmächte. Alle diese Linien arbeiten im Frequenzband von 41 bis 68 MHz. Die Geländeschnitte der Strecken Berlin—Torfhaus und Berlin—Höhbeck können aus Bild 7 ersehen werden. Trotz der weit über die Sichtgrenze hinausgehenden Entfernungen zwischen den Gegenstellen ist auf diesen Strecken ununterbrochener Fernsprechverkehr möglich, der zwar im Rauschabstand nicht durchgehend den scharfen CCJF-Bedingungen entspricht, aber nur selten und dann auch nur minutenweise durch Rauscheinbrüche beeinträchtigt wird. Dies spiegelt

sich auch in den Verkehrszahlen wider, die allein auf den von der DBP benutzten Kanälen im Monat rund 52 000 abgewickelte Gespräche ausweisen.

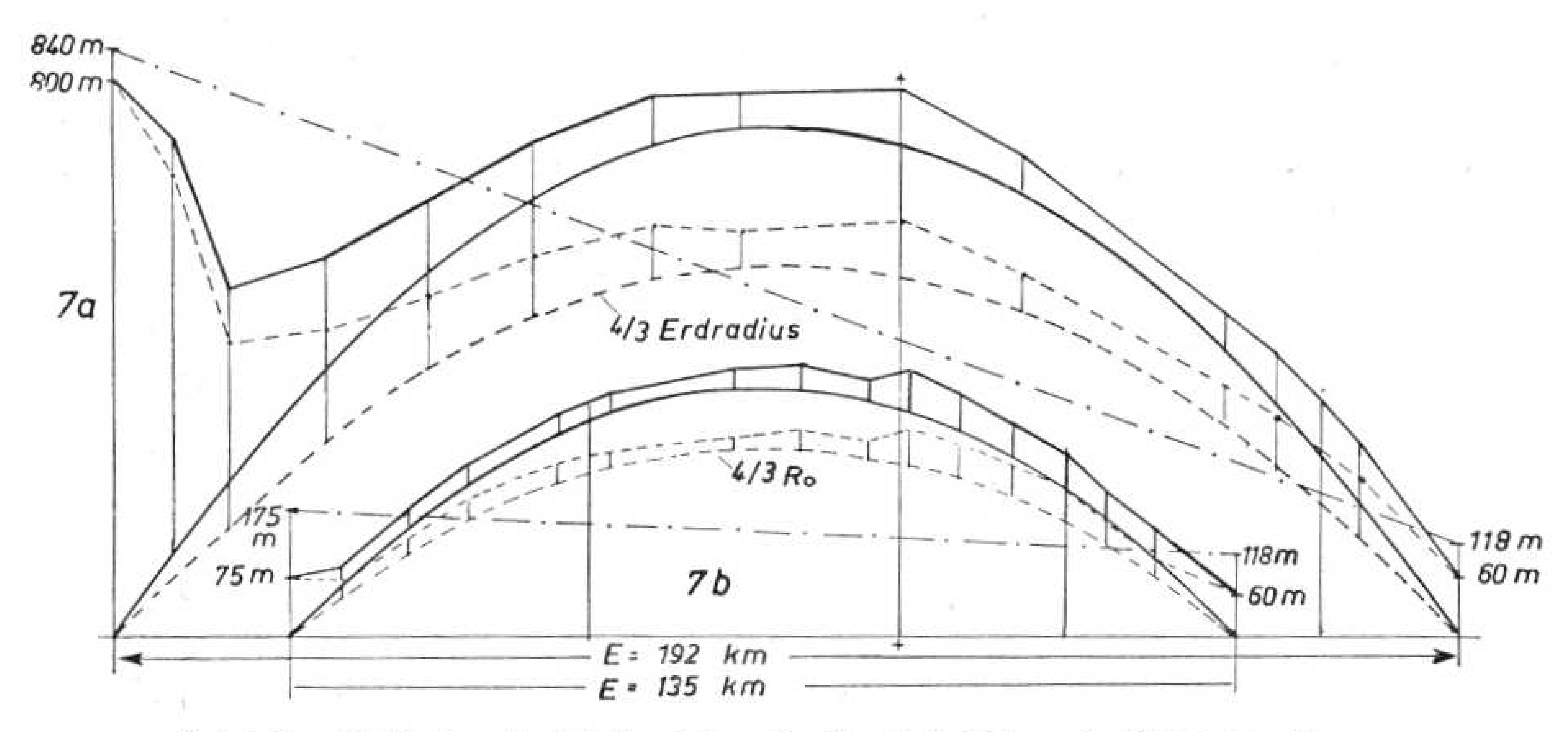


Bild 7 a. Geländeschnitt Torhaus-Berlin bei 1/1 und 4/3 Erdradius.
Bild 7 b. Geländeschnitt Höhbeck-Berlin bei 1/1 und 4/3 Erdradius.

Es werden durchwegs Senderleistungen von 1 bis 1,5 kW verwendet. Eine der Rundfunkverbindungen kann jedoch in Richtung nach Berlin durch Zuschalten einer Leistungsstufe auch mit einer Leistung von 10 kW betrieben werden. Der maximale Frequenzhub beträgt bei den älteren Sendern noch ± 75 kHz, bei den neueren ± 150 kHz. Bei einer der Verbindungen Berlin—Torfhaus ist die Möglichkeit eines Frequenzhubes von ± 500 kHz vorgesehen. Die Frequenzkonstanz der Sender bewegt sich zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ und $1 \cdot 10^{-5}$. Sie wird in üblicher Weise erreicht durch Vergleich des Frequenzmittelwertes mit einem Frequenznormal (in der Regel Quarz, in einem Falle Riegger-Kreis) und durch Verwendung selbsttätig arbeitender Nachstimmschaltungen. Die Frequenzmodulation wird in der Steuerstufe mittels Reaktanzschaltungen bei einer tieferen Grundfrequenz vorgenommen, die dann in mehreren Stufen entweder unmittelbar oder nach einer Frequenzumsetzung vervielfacht wird. Die Endfrequenz ist je nach dem Fabrikat das Vierfache, Zwölffache oder 36fache der Frequenz in der Modulations- bzw. Umsetzerstufe. Bemerkenswert ist, daß auch die Ausführung mit einem Frequenzhub von ± 500 kHz nur mit einer Vervielfachung von 12 arbeitet. Die Geräte sind für Mehrkanal-Fernsprech- und für Rundfunkübertragung eingerichtet und besitzen einen Übertragungsbereich von 300 Hz bis 60 kHz bei den älteren und von 300 Hz bis 120 kHz bei den neueren Ausführungen für Fernsprechen und von 30 Hz bis 15 kHz für den Rundfunk. Es können demnach 15 Kanäle von je 3 kHz Breite oder 12 bzw. 24 Kanäle von je 4 kHz Breite sowie ein invertierter Grundkanal von 0,3 bis 2,7 kHz übertragen werden. Die linearen Verzerrungen sind im gesamten Übertragungsbereich kleiner als 0,1 N. Für die Rundfunkübertragung ist eine ab-

schaltbare Vorverzerrung (Preemphasis) mit einer Zeitkonstante von 50 μs vorgesehen. Die Klirrfaktoren k_2 und k_3 sind bei allen Systemen bei Vollaussteuerung kleiner als 0,5 %, das entspricht einer Klirrdämpfung bei Kanalaussteuerung von $b_{k2} \leqq 7{,}35$ N und $b_{k3} \leqq 9{,}4$ N.

Die Empfänger entsprechen in ihren elektrischen Werten (Hochfrequenzbereich, Modulationshub, lineare und nichtlineare Verzerrungen, Vorverzerrung, Frequenzkonstanz) den Sendern. Die Grenzempfindlichkeit bleibt unter $10\,k\,T_0$. Auf gute Selektivität der Empfänger wurde besonderer Wert gelegt. Bei dem Empfänger für ± 150 kHz Hub [10] liegt bei einer Durchlaßbreite von ± 0,3 MHz die HF- und ZF-Selektion in einem Frequenzabstand von ± 800 kHz von der Bandmitte über 78 db. In einem Abstand von 1,6 MHz sind bereits Fremdspannungen von 10 Volt zulässig, so daß Gegenbetrieb mit Sende- und Empfangsantenne auf dem gleichen Mast möglich ist. Mit einer zusätzlichen Senderweiche können Sender und Empfänger über die gleiche Antenne betrieben werden, wenn der Frequenzabstand nicht kleiner als 1,6 MHz ist. Beim gleichzeitigen Betrieb mehrerer Sender und Empfänger auf einer Endstelle muß auf die Möglichkeit der Bildung von Kombinationsfrequenzen in den Senderend- und den Empfängereingangsstufen geachtet werden, die u. U. das Einschalten zusätzlicher Sender- oder Empfangsfilter notwendig machen. Besonders zu erwähnen ist die für den Breitbandempfänger mit ± 500 kHz Hub gewählte technische Ausführungsform durch die dort angewandte Frequenzgegenkopplung [11]. Durch Rückführung eines Teiles der NF-Ausgangsspannung auf den 2. Oszillator wird dessen Frequenz gegenläufig zu der mit dem normalen Hub beaufschlagten 1. ZF-Schwingung beeinflußt, so daß von der 2. ZF an der Hub auf die Hälfte herabgesetzt ist. Dadurch wird die Bandbreite verringert, und die Selektion für Nachbarstörungen um einige Zehnerpotenzen erhöht. Daneben wird der Klirrfaktor erheblich kleiner. Die Gegenläufigkeit der Modulationsphase von 2. Oszillator und 1. ZF über den ganzen NF-Frequenzbereich wird durch ein Phasenausgleichsglied erreicht. Die Durchlaßbandbreite des Empfängers ist bis zur 1. ZF ± 750 kHz und nach der 2. ZF ± 375 kHz, die Selektion in einem Abstand von ± 2 MHz von der Bandmitte 78 db, die Spiegelselektion 80 db und die ZF-Sicherheit 55 db.

Die zwischen Berlin und den Westzonen verwendeten Geräte wurden von den Firmen C. Lorenz, Rhode & Schwarz, Siemens & Halske und Telefunken geliefert. Bild 8 zeigt die Ansicht eines 1,5-kW-Senders und Bild 9 einen Betriebsempfänger für ± 500 kHz Hub.

Für PPM-Verbindungen kommt, soweit sie überhaupt im Meterwellenbereich eingesetzt werden, nur das 300-MHz-Band in Frage. Sie werden in den unteren Netzebenen gelegentlich dort mit herangezogen werden, wo mangels optischer Sicht Dezimetersysteme nicht verwendbar sind. Da diese Geräte in ihrem Modulationsteil den im Dezimeterbereich benutzten Systemen entsprechen, braucht hier auf Einzelheiten nicht eingegangen zu werden. Es sei nur erwähnt, daß sie wie die Dezimetergeräte für 6, 12 oder 24 Kanäle eingerichtet sind. Die Senderleistung ist jedoch größer als bei den Dezimetergeräten. Sie ist mit 20 Watt Mittel-

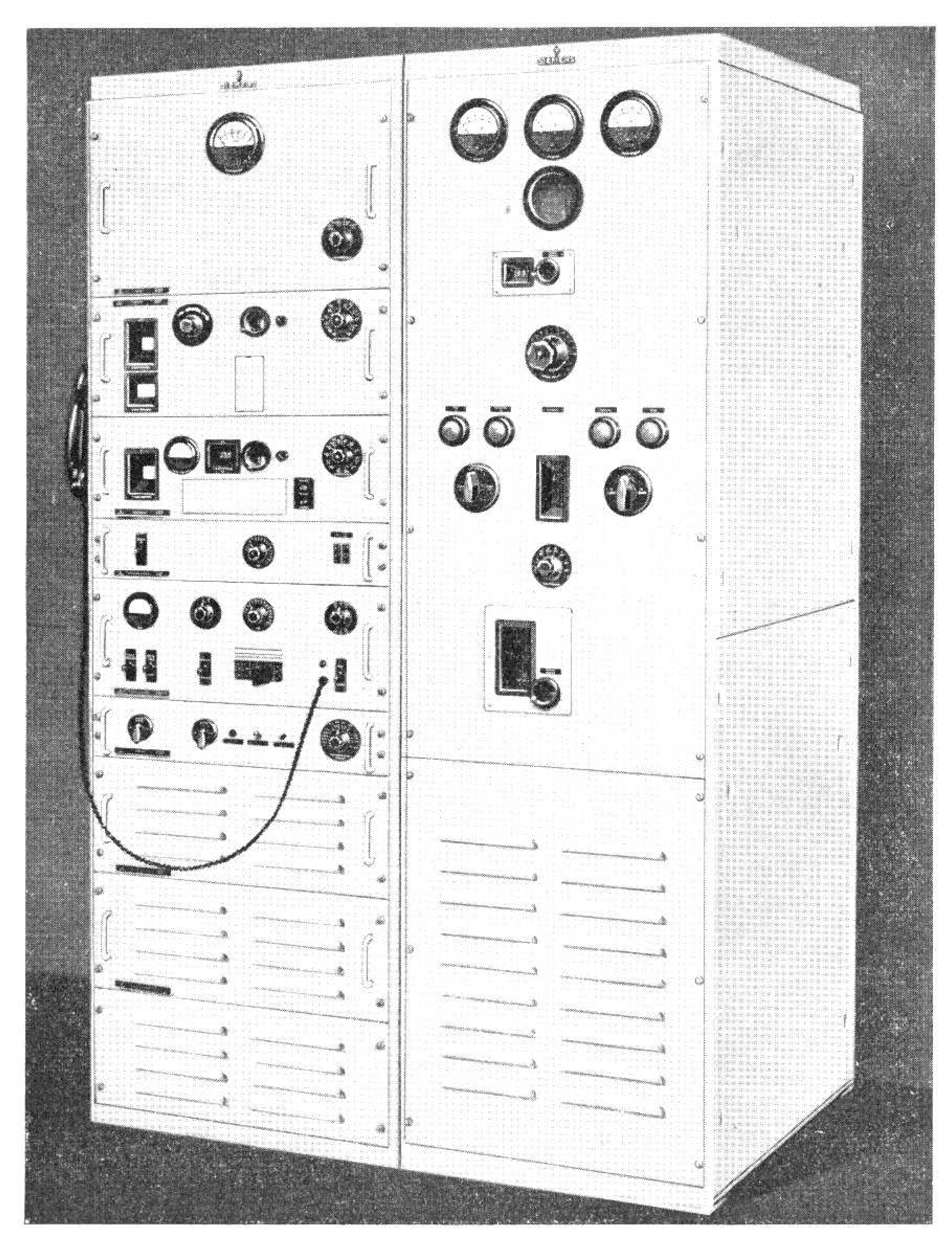


Bild 8. 50 W-Steuersender und 1,5 kW-Endstufe der Mehrkanal-Funksprechlinie Berlin-Höhbeck der Deutschen Bundespost (Siemens & Halske)

wert und 200 Watt Spitzenwert vorgesehen. Die Bandbreite ist entsprechend diesem Hochtastverhältnis bei 24 Kanälen gleich 4 MHz. Z. Z. sind in Deutschland noch keine Verbindungen mit Puls-Modulation auf Meterwellen in Betrieb.

Als Antennen werden, abgesehen von den noch in Torfhaus be-

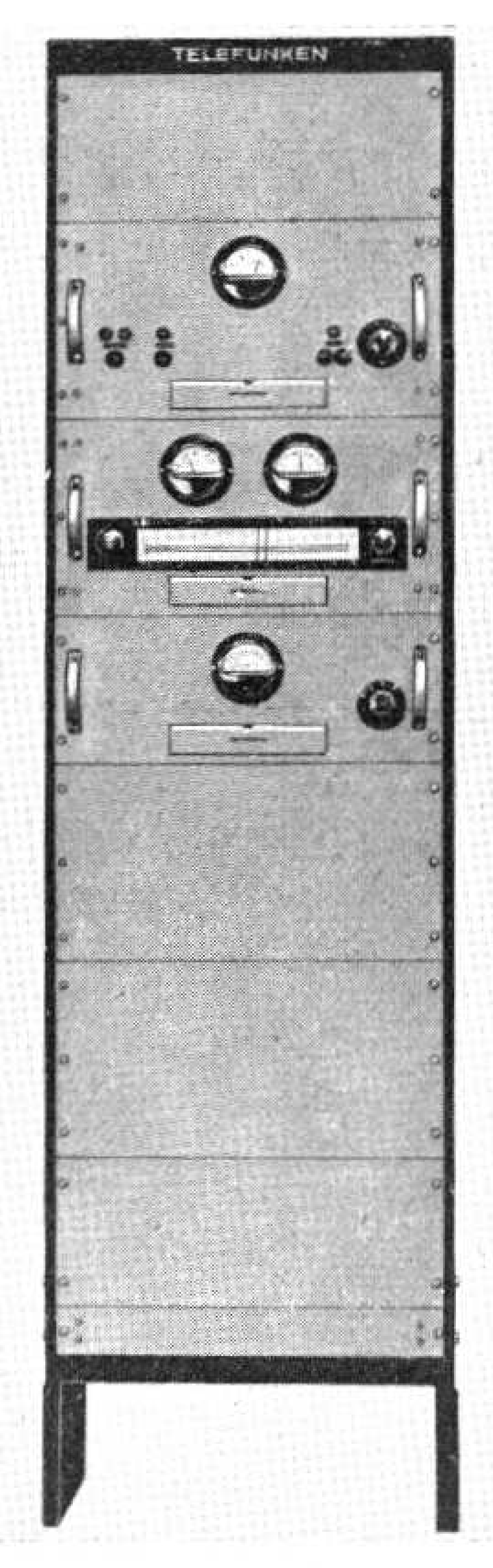
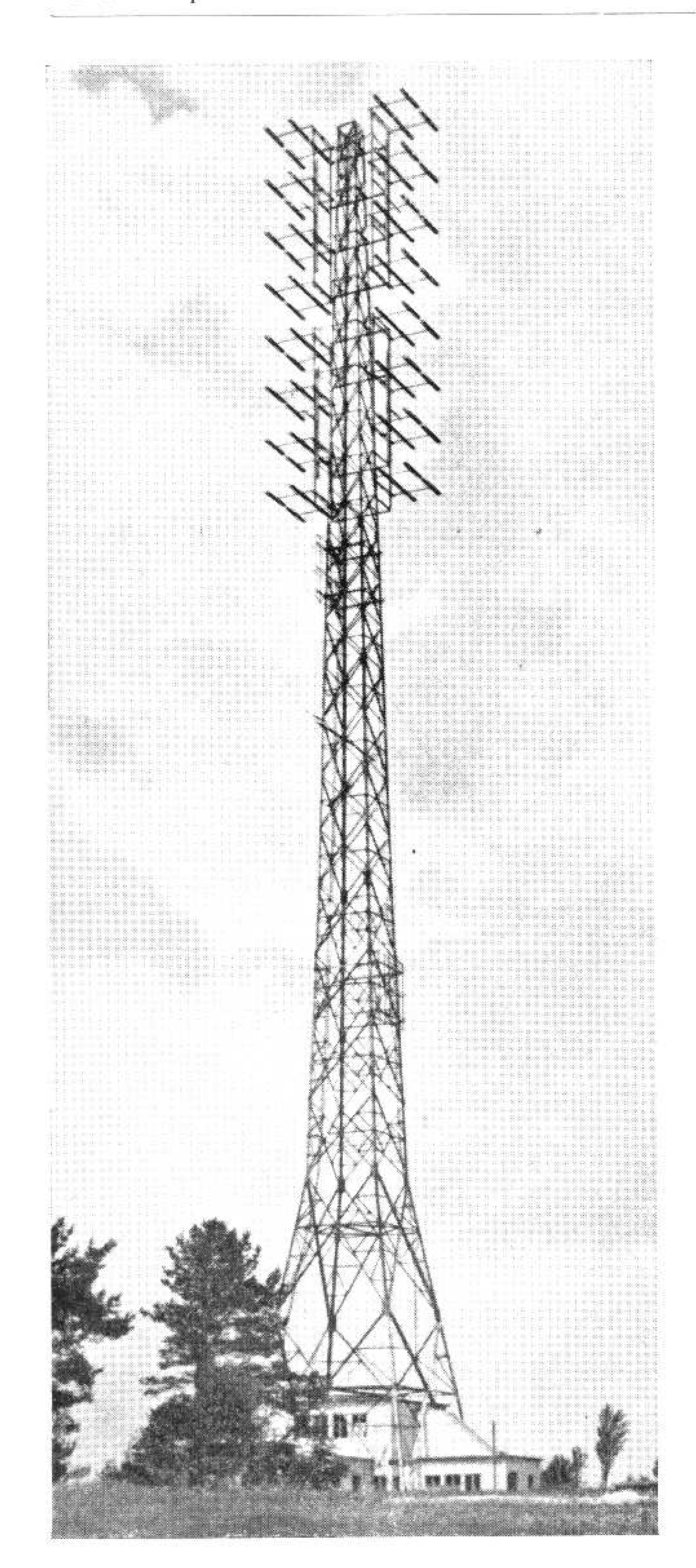


Bild 9. Breitband-FM-Empfänger (Hub ± 500 kHz) (Telefunken)

stehenden älteren Anlagen, nur noch Breitband-Dipol-Richtantennen verwendet, die aus Einheitsfeldern zu je 8 Dipolen mit strahlungsgekoppelten Resonanz-Reflektoren oder Reflektor-Gittern zusammengesetzt werden. Die Dipole von $\lambda/2$ Länge bestehen aus Metallröhren mit windschnittigem Profil, die im Spannungsknoten an Tragstützen befestigt sind. Sie werden über Paralleldrahtleitungen gespeist, die über eine Symmetrierungsschleife an das Energiekabel angeschlossen werden. Mehrere solcher Einheitsfelder können über Anpassungsleitungen zu einer größeren Antennenwand zusammengesetzt werden. Die Welligkeit der Einheitsfelder ist zwischen 41 und 68 MHz nicht größer als 1,3. Der Gewinn eines Einheitsfeldes beträgt in der Mitte des Übertragungsbereiches ungefähr 14 bis 16. Bild 10a zeigt ausgeführte Anlagen mit mehreren Achterfeldern. In Bild 10b ist ein Achterfeld für das 300 MHz Band dargestellt. Hier sind die Resonanzreflektoren durch eine Gitterfläche ersetzt.

IV. Übertragung von Fernsehbildern

Für die Übertragung von Fernsehbildern vom Studio zu den Sendern und zum Programmaustausch zwischen verschiedenen Studios gilt



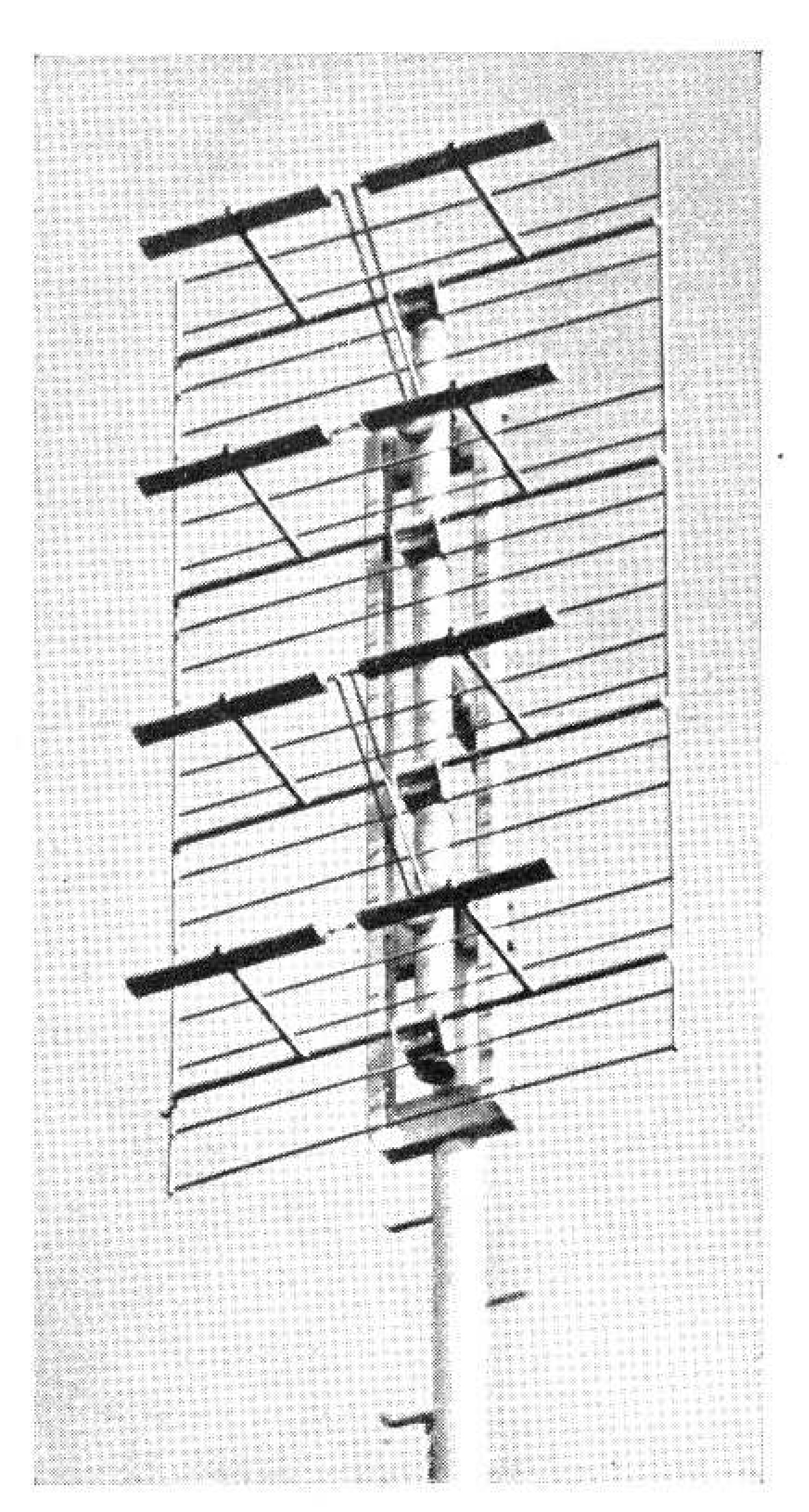


Bild 10 b. Achterfeld für 250 MHz (Siemens & Halske)

Bild 10 a. Antennenanlage der Relaisstelle Höhbeck (Siemens & Halske)

wegen der großen Bandbreite in noch stärkerem Maße als für die Fernsprechverbindungen der Grundsatz, Meterwellen nur dort zu verwenden, wo eine Übertragung auf Leitungen oder mit Dezimeter-Richtfunkverbindungen nicht möglich ist. Anlaß zu den nachstehenden Überlegungen gab die Planung einer Fernsehversuchsverbindung zwischen Berlin und den Westzonen, die Anfang des Jahres 1952 fertiggestellt worden ist.

1. Anforderungen an die Übertragungseigenschaften

Für Deutschland wurde die CCJR-Norm mit 625 Zeilen und 50 Bildwechseln nach dem Zeilensprungverfahren angenommen. Alle Anforderungen an die Übertragungseigenschaften müssen daher auf diese Norm abgestellt werden. Bei Übertragungen über Leitungen oder Richtfunkverbindungen ist gemäß den Empfehlungen des CCJF die positive Bildmodulation üblich, d. h. zunehmende Bildhelligkeit bei zunehmender Aussteuerung (Schwarzpegel bei 30 %, Weißpegel bei 100 % Aussteuerung, Synchronisierimpulse nach unten). Bei Meterwellenverbindungen mit Amplitudenmodulation kann jedoch die negative Bildmodulation insofern von Vorteil sein, als dann der Pegel der Synchronisierspitzen, der 100 %iger Modulation entspricht, zur Schwundregelung benutzt werden kann. Nachstehend sind die wichtigsten der vom Fernsehausschuß der Funkbetriebskommission aufgestellten Richtwerte für Fernsehübertragungen bis zu 1000 km Entfernung kurz zusammengestellt.

a) Zulässige Abweichungen von der Linearität des Bildsignalbereiches.
   1. Im Pegelbereich von 0—0,2 und 0,8—1,0: ± 40 %
   2. „ „ „ 0,2—0,8 : ± 20 %.

b) Zugelassene Schwankungen der Restdämpfung.
   1. Im Bereich von 20 Hz — 3 MHz: ± 1 db
   2. „ „ „ 3 MHz — 5 MHz: + 1 db; — 2 db.

c) Zulässige Schwankungen der Gruppenlaufzeit im Bereich von 200 kHz bis 5 MHz: ± 0,05 μs.

d) Störspannungsabstände (gemessen von positiver zu negativer Spitze für die Störspannung und von Schwarz- zu Weißpegel für das Bildsignal).
   1. Für Rauschspannungen: 40 db in 99 % der Zeit.
   2. Für Netzbrummspannungen 50 Hz und deren Vielfache: 55 db
   3. Für sonstige periodische Störspannungen: 45 db
   4. Für impulsartige Störspannungen: 45 db (1 Impuls in 10 sec)

e) Anstiegszeit beim Übergang von Schwarz auf Weiß (und umgekehrt) kleiner als 0,1 μs gemessen zwischen 10 und 90 % des max. Bildsignals im eingeschwungenen Zustand.

f) Überschwingen kleiner als 5 % des max. Bildsignals im eingeschwungenen Zustand.

2. Störabstand und Reichweite

Für das Verhältnis von Nutz- zu Störspannung am Eingang des Empfängers ist auch hier wieder die untere Grenze durch die Rauschstörungen festgelegt. Es gilt demnach wieder

$$U_0/U_s = E_0 \cdot \sqrt{F_e/120\,\pi} \cdot 1/\sqrt{n\,k\,T_0\,b} = v_0,$$

doch ist jetzt als Bandbreite $b = 5 \cdot 10^6$ Hz einzusetzen, so daß mit $n = 9$

(45) $$E_0 = v_0 \cdot 42 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{120\,\pi/F_e}\ \mu\,\mathrm{V}/m \qquad \text{wird.}$$

Bei A M und Zweiseitenbandübertragung ist der Störabstand am Ausgang des Empfängers

(46) $$v_a = U_0'/U_s\sqrt{2} = 0{,}7\ U_0/U_s\sqrt{2} = 1/2\ v_0\,.$$

$U_0' = 0{,}7\ U_0$ entspricht der Maximalaussteuerung von Weiß auf Schwarz.

Die Störspannung soll im Gegensatz zu den Richtwerten bei der Fernsprechübertragung auf die Spitzenwerte bezogen werden. Als Spitzenwert wird dabei der 5fache Wert des Leistungsmittelwertes zugrunde gelegt. Der auf den Mittelwert der Rauschspannung bezogene Störabstand erhöht sich damit auf $\ln v_a \geqq 40 + 20 \log_{10} 10 = 60$ db (6,9 N).

Nimmt man an, daß die Störleistung zur Hälfte auf Rauschstörungen und zur Hälfte auf andere Störursachen entfällt, dann lautet bei q Verstärkerfeldern die Bedingung für den Störabstand am Eingang

(47) $$\ln v_0 \geqq 6{,}9 + 0{,}7 + 0{,}35 + {}^1\!/_2 \ln q = 7{,}95 + \ln q.$$

Die Bandbreite ist in diesem Fall $B = 10$ MHz. Bei teilweiser Unterdrückung des einen Seitenbandes, wie dies in der CCJR-Norm vorgesehen ist, ändert sich v_0 nur unwesentlich, die Bandbreite wird aber auf rd. 7 MHz verringert.

Bei Frequenzmodulation wird

(48) $$v_a = \sqrt{3/2}\ (U_0/U_s) \cdot \eta,$$

bezogen auf den Mittelwert der NF-Nutzspannung bei symmetrischer Aussteuerung. Für den Spitzenwert der NF-Nutzspannung (0,7 statt 0,5) ist dann

(48a) $$v_a = (0{,}7/0{,}5)\ \sqrt{3/2}\ (U_0/U_s) \cdot \eta = \sqrt{3} \cdot v_0 \cdot \eta$$

und

(49) $$\ln v_0 \geqq 6{,}9 + 0{,}35 - \frac{1}{2}\ln 3 - \ln \eta + \frac{1}{2}\ln q = 6{,}7 - \ln \eta + \frac{1}{2}\ln q.$$

Bei einem Hubverhältnis von $\eta = 1$ kann also $v_0 = U_0/U_s$ um 1,25 N (Faktor $2 \cdot \sqrt{3}$) kleiner sein als bei Amplitudenmodulation. Da für U_0 in Formel (46) bei AM der Wert bei 100 % Aussteuerung eingesetzt ist, beziehen sich alle auf die Gleichungen (45) und (47) gestützten Leistungsberechnungen auf die Oberstrichleistung. Bei der AM-Übertragung wird also gegenüber der FM-Übertragung die zwölffache Oberstrichleistung und etwa die vierfache mittlere HF-Leistung benötigt.

Leider ist bei der FM-Übertragung die Bandbreite schon bei $\eta = 1$ wesentlich größer als bei der AM-Übertragung, nämlich gleich

(50) $$B = 2\ (D + b) = 20\ \mathrm{MHz}.$$

Es wird daher trotz des größeren Leistungsaufwandes die AM-Übertragung überall dort vorzuziehen sein, wo eine dichtere Besetzung des gleichen Wellenbereiches mit Funkdiensten zu erwarten ist.

Da Fernsehverbindungen im Meterwellenbereich immer nur Ausnahmefälle darstellen, soll für die Berechnung des auf das einzelne Funkfeld entfallenden Anteils der Rauschleistung eine Verbindung von nur 3 Abschnitten zugrundegelegt werden. Unter dieser Voraussetzung wird dann bei AM-Übertragung

(51) $$\ln v_0 = 7{,}95 + {}^1/_2 \ln 3 = 8{,}50 \text{ N } (74 \text{ db})$$

und $$E_{0\,\min} = 66{,}5 + 10 \log_{10} 120\,\pi/F_e \text{ db über } 1\,\mu\text{ V/m}.$$

und bei FM-Übertragung

(52) $$\ln v_0 = 7{,}25 \text{ N } (63 \text{ db}) \text{ und}$$
$$E_{0\,\min} = 55{,}5 + 10 \log_{10} 120\,\pi/F_e \text{ db über } 1\,\mu\text{ V/m}.$$

Die erforderlichen Feldstärken liegen also trotz der erleichterten Bedingungen hinsichtlich der Zahl der Funkfelder bei AM um 23,8 db und bei FM um 12,8 db über denen für eine Fernsprechverbindung mit 60 Kanälen bei $\eta = 2$.

Bild 11 enthält in ähnlicher Weise wie Bild 3, aber für Ausfallzeiten von 1 %, 10 % und 50 %, die für die Ermittlung der Reichweiten nötigen Angaben, und zwar für AM und FM und für Leistungen von 1 und 10 kW. Die wirksame Antennenfläche ist zu $F_e = 60\,\pi = 188$ qm $(g_{s\,50} = 16{,}5$ db)

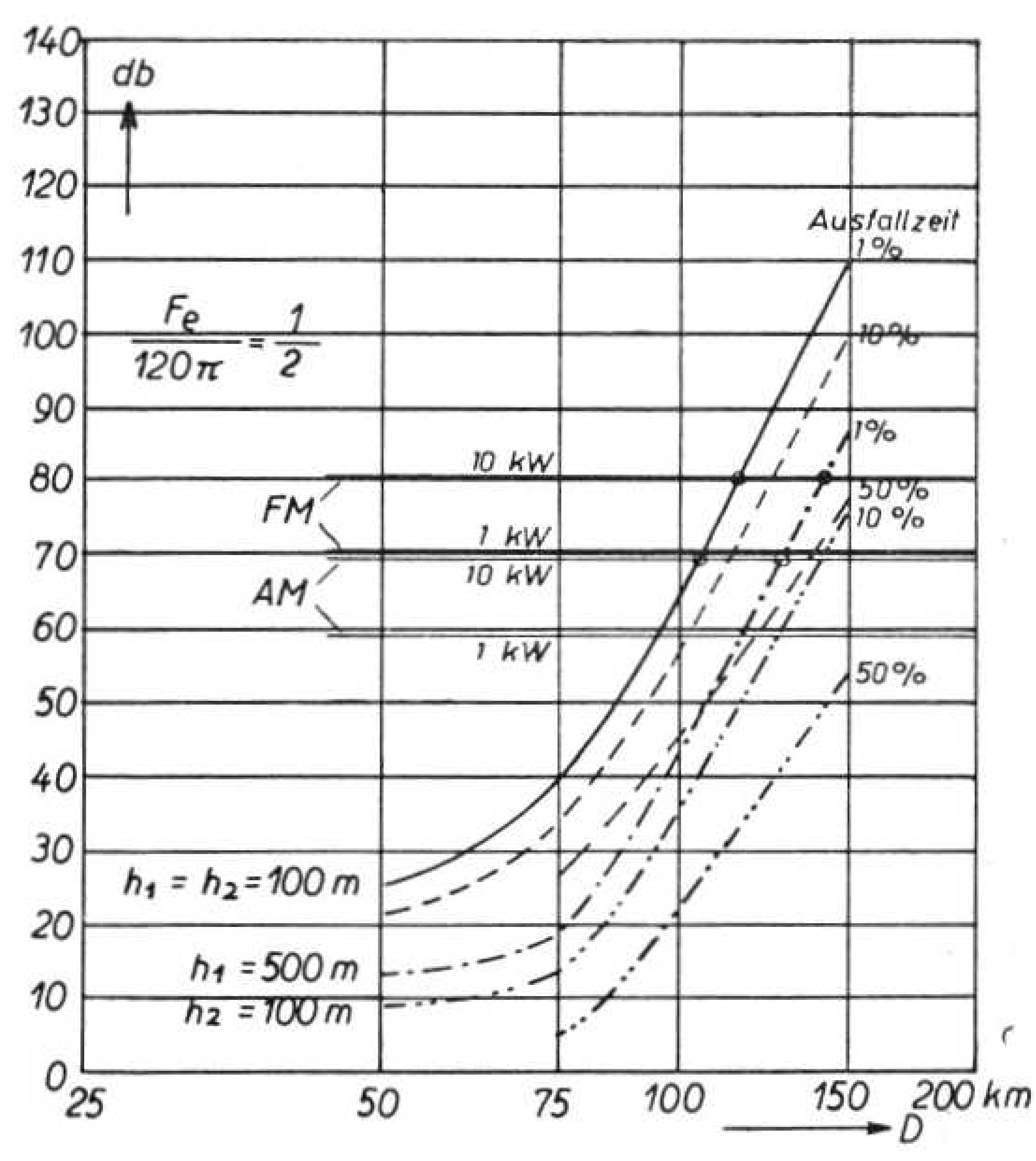


Bild 11. Reichweite bei der Übertragung von Fernsehbildern auf 300 MHz bei Ausfallzeiten von 1 %, 10 % und 50 % für AM und FM bei 1 kW und 10 kW Senderleistung (Oberstrich).

angenommen worden. Unter diesen Voraussetzungen können also mit einer Leistung von 10 kW und bei 100 m Antennenhöhe in 99 % der Zeit mit AM 105 km und mit FM 115 km überbrückt werden. Die Reichweiten erhöhen sich auf 125 bzw. 135 km, wenn der Aufstellungspunkt der Antennen auf einer Seite auf 500 m erhöht wird. Bei einer größeren Länge des Funkfeldes muß mit einem zeitweiligen Verlust an Störabstand, der aus Bild 10 entnommen werden kann, gerechnet werden.

3. Laufzeitverzerrungen

Bei der Zweiseitenband-AM-Übertragung treten Laufzeitunterschiede im übertragenen Frequenzband als Folge von Phasenverzerrungen im Hochfrequenzweg und in den angeschlossenen videofrequenten Kreisen auf. Der resultierende Übertragungswinkel im Ausgang des Demodulators ist nach Küpfmüller [8]

$$\varphi_r = \frac{\varphi\,(\Omega + \omega) - \varphi\,(\Omega - \omega)}{2}. \tag{53}$$

Hierbei sind $\varphi\ (\Omega + \omega)$ und $\varphi\ (\Omega - \omega)$ die hochfrequenten Phasenwinkel der beiden Seitenbandschwingungen. Setzt man wieder eine Phasenkennlinie in Form einer Potenzreihe nach Gleichung (14) voraus, dann wird die Gruppenlaufzeit

$$\frac{d\,\varphi_r}{d\omega} = \tau_0 + \left(\frac{d^3\,\varphi}{d\,\omega^3}\right)\frac{\omega^2}{2} + \left(\frac{d^5\,\varphi}{d\,\omega^5}\right)\frac{\omega^4}{24} + \ldots = \tau_0 + \Delta\,\tau. \tag{54}$$

Nach den Richtwerten darf $\Delta\,\tau$ im Bereich von 200 kHz bis 5 MHz den Betrag von $5 \cdot 10^{-8}$ sec. nicht überschreiten. Nimmt man den ungünstigsten Fall an, daß sich die maximalen Laufzeitverzerrungen der einzelnen Abschnitte addieren, was für die von den Energieleitungen herrührenden Anteile allerdings wenig wahrscheinlich ist, dann entfällt auf den einzelnen Abschnitt ein zulässiger Betrag von $1{,}7 \cdot 10^{-8}$ sec.. Vergleicht man diesen Wert mit den bei der Mehrkanal-FM-Übertragung im Hinblick auf das nichtlineare Übersprechen berechneten Werten (Tabelle Seite 289), dann erkennt man, daß die Fernsehübertragung wesentlich unempfindlicher gegenüber Laufzeitverzerrungen ist als die Mehrkanal-Fernsprechübertragung.

Bei Energieleitungen mit unvollkommener Anpassung schwankt die Laufzeit periodisch zwischen den Werten $(l/v) \cdot (1 - pp')/(1 + pp')$ und $(l/v) \cdot (1 + pp')/(1 - pp')$, wenn ein größerer Frequenzbereich durchlaufen wird. Dabei ist der Frequenzabstand zwischen Maximum und Minimum gleich $v/4\,l$. Die Laufzeitdifferenz bleibt daher mit Sicherheit unter $\pm\, 2 \cdot 10^{-8}$, wenn $(l/v) \cdot 2\,pp'/(1 - (pp')^2) \sim 2\,(l/v) \cdot pp' \leq 2 \cdot 10^{-8}$ gemacht wird. Selbst für $p = p' = 15\,\%$ wäre demnach eine Laufzeit l/v von rd. $4{,}5\ 10^{-7}$ sec. oder eine Leitungslänge von 135 m noch zulässig. Die Länge der Energieleitung stellt also bei Amplitudenmodulation und bei den praktisch vorkommenden Reflexionsfaktoren die Einhaltung der Bedingungen für die Laufzeitverzerrungen nicht in Frage.

Gleichwohl dürfen Leitungslänge und Anpassungsfehler nicht außer Acht gelassen werden, wenn man Doppelbilder vermeiden will. Diese können durch die an den Leitungsenden reflektierten und auf der Leitung hin- und herlaufenden und damit verzögerten Bildsignale entstehen. Man muß dann entweder die Leitung so kurz machen, daß die doppelte Laufzeit gegenüber der Übertragungszeit für den Bildpunkt keine Rolle mehr spielt ($2\,\tau \leq 10^{-7}$ sec., $l \leq 15$ m), oder durch Herabsetzen des Reflexionsfaktors die Amplitude des Doppelbildes auf einen nicht mehr

störenden Betrag herunterdrücken. Da bei Meterwellen wegen der großen Antennenabmessungen und der erforderlichen Antennenhöhe l immer in der Größenordnung von 50 bis 100 m liegen wird, kommt zur Unterdrückung der Doppelbilder nur der zweite Weg in Frage.

Für die Übertragung mit teilweise unterdrücktem Seitenband gelten praktisch die gleichen Überlegungen, nur daß in dem Teil des Frequenzbandes, in dem nur ein Seitenband vorhanden ist, für die Laufzeitverzerrung $\varphi\ (\Omega + \omega)$ allein zu berücksichtigen ist.

Bei der Übertragung mit Frequenzmodulation verursachen die Phasenverzerrungen nichtlineare Verzerrungen. Dabei sind die entstehenden höheren Harmonischen gegenüber der Grundschwingung um den Betrag $\omega\tau$ phasenverschoben. So ist z. B. bei einer 100 m langen HF-Energieleitung und einer Videofrequenz von $2{,}5 \cdot 10^6$ Hz eine Phasenverschiebung zwischen der Grundschwingung und der zweiten Harmonischen von $1{,}5\,\pi$ zu erwarten. Es bedarf noch genauerer Untersuchungen, welcher Art die hierdurch entstehenden Bildstörungen sind und welche Höchstwerte für die durch Phasenverzerrungen hervorgerufenen Klirrverzerrungen zugelassen werden können.

4. Anstiegszeit und Überschwingen

Bei der vorgeschriebenen Kleinheit der Laufzeitverzerrungen wird der Verlauf des Einschwingvorgangs vorwiegend durch die Dämpfungskurve bestimmt, wenn man eine scharfe Bandbegrenzung des Übertragungssystems annimmt. Bei AM-Übertragung hat dann die Umhüllende die Form

$$g_1(\mathrm{t}) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\,\mathrm{Si}\,\pi\,B\,(\mathrm{t} - \mathrm{t}_0) \tag{55}$$

und die Einschwingzeit ist $\tau_0 = 1/B$. Die Bedingung $\tau_0 \leq 10^{-7}$ sec. wird also bei einer hochfrequenten Bandbreite von 10 MHz erfüllt. Das Überschwingen beträgt dann 8,9 % (bei vernachlässigter Laufzeitverzerrung) (Bild 12).

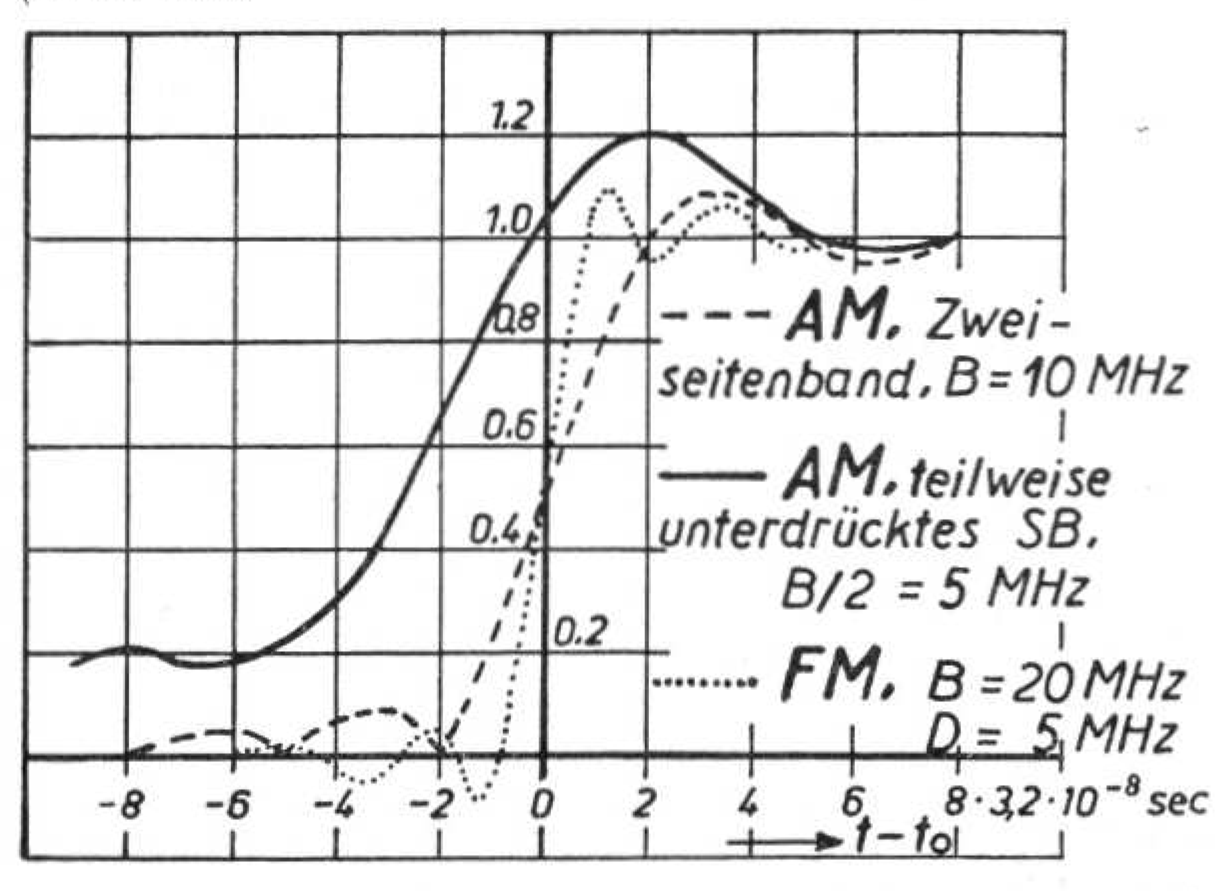


Bild 12. Einschwingvorgang bei AM-Zweiseitenband- und Einseitenbandübertragung und bei Übertragung mit Frequenzmodulation.

Bekanntlich kann das Überschwingen verringert werden, wenn man die Übertragungsdämpfung nach den Bandgrenzen hin ansteigen läßt [8]. Da aber innerhalb des Übertragungsbereichs ein möglichst frequenzabhängiger Dämpfungsverlauf vorgeschrieben ist, und mit dem Dämpfungsanstieg an den Bandgrenzen auch die Einschwingzeit zunimmt, muß dann auch der Übertragungsbereich entsprechend erweitert werden. Für das Überschwingen tritt dann der Einfluß der Laufzeitverzerrungen in den Vordergrund. Bei der günstigsten Form des Dämpfungsverlaufs und einem frequenzlinearen Anstieg der Gruppenlaufzeit mit einer maximalen Laufzeitdifferenz von 0,05 μs beträgt das Überschwingen 2,5 %.

Auch bei der Einseitenbandübertragung sind angenähert gleich kurze Anstiegszeiten erzielbar, wenn der Übertragungsfaktor auf der Seite des zu unterdrückenden Seitenbandes linear abfällt, und zwar so, daß die Trägerfrequenz auf die Mitte der Flanke zu liegen kommt (Nyquist-Flanke). Das Überschwingen wird aber gegenüber der Zweiseitenbandübertragung verstärkt, und zwar tritt bei einer Breite der Nyquist-Flanke von $0{,}15\,B$ ein Überschwingen von 20 % auf (Bild 12). Die Einschwingzeit ist dagegen wie bei der Zweiseitenbandübertragung praktisch gleich $\tau_0 = 1/\mathrm{B} = 10^{-7}$ sec. (Breite eines Seitenbandes $= B/2$).

Bei der FM-Übertragung verläuft der Einschwingvorgang bei scharfer Bandbegrenzung nach der Gleichung [8]:

$$s(t) = \frac{2\,\mathrm{D}\,g_1}{1+\mathrm{N}}. \tag{56}$$

Hierin ist D der Frequenzhub,

B die hochfrequente Bandbreite,

$a = 2\,D/B$,

$$\mathrm{N} = 2\,(g_2^2 + g_1\,(g_1 - 1)) + 2\,(g_2^2 - g_1\,(g_1 - 1))\cos 4\,\pi\,D\,(t - t_0) + 2\,g_2\,(2\,g_1 - 1)\sin 4\,\pi\,D\,(t - t_0),$$

$$g_1 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi}\,[\mathrm{Si}\,(1 + a)\,\pi\,B\,(t - t_0) + \mathrm{Si}\,(1 - a)\,\pi\,B\,(t - t_0)]\,,$$

$$g_2 = \frac{1}{2\pi}\,[\mathrm{Ci}\,(1 + a)\,\pi\,B\,(t - t_0) - \mathrm{Ci}\,(1 - a)\,\pi\,B\,(t - t_0)]\,.$$

Der Einschwingvorgang für $B = 20$ MHz, $D = 5$ MHz ($a = 0{,}5$) ist in Bild 12 dargestellt. Das Überschwingen beträgt hierbei 8,5 %. Der schnellere Anstieg gegenüber den beiden vorherigen Fällen rührt davon her, daß in der Formel (56) die Bandbegrenzung durch das Niederfrequenzfilter auf $b = B/4$ nicht berücksichtigt ist. Wird dieses noch in Rechnung gesetzt, dann geht die Einschwingdauer auf den doppelten Wert herauf, entspricht also jener bei der AM-Zweiseitenbandübertragung. Durch geeignete Bemessung des Dämpfungsverlaufs in diesem Filter kann man auch in diesem Fall den Betrag des Überschwingens noch herabsetzen. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Falle der Amplitudenmodulation besteht bei FM darin, daß der Einschwingvorgang von der Aus-

steuerung D abhängt [12]. Bei kleinem Hub ($a < 0{,}5$) ist das Überschwingen geringer als beim Übergang von Schwarz auf Weiß ($a = 0{,}5$), wie er der Darstellung in Bild 12 zugrundegelegt wurde.

5. Abstand zwischen benachbarten HF-Kanälen

Nach Untersuchungen der RCA-Laboratorien [13] ist bei der AM-Einseitenbandübertragung der Fernsehkanal besonders empfindlich gegen periodische Störspannungen aus dem Teil des Nachbarkanals, der sich mit dem unterdrückten Seitenband des Nutzkanals deckt. In diesem Fall ist ein Störabstand von 30 db, nach neueren Ansichten ein solcher von 40 bis 45 db, erforderlich. Bei Störungen aus dem an das übertragene Seitenband anschließenden Nachbarkanal werden dagegen 24 db für ausreichend gehalten. Daraus kann geschlossen werden, daß bei der Zweiseitenübertragung und bei der Einseitenbandübertragung ohne Tonkanal ein Störabstand von $24 + 3 = 27$ db gegenüber Störungen aus jedem der beiden Nachbarkanäle genügen wird. Es empfiehlt sich, den Kanalabstand für 2 benachbarte Empfangskanäle bei AM-Einseitenbandübertragung nicht kleiner als 9 MHz, bei AM-Zweiseitenbandübertragung nicht kleiner als 13 MHz zu wählen. Bei FM-Übertragung wird ein Kanalabstand von 25 MHz für ausreichend angesehen.

6. Fernsehversuchsverbindung Berlin — Westzonen

Um die Möglichkeit eines Austausches von Fernsehprogrammen zwischen Berlin und den Westzonen zu prüfen, wurde eine Fernsehübertragungslinie zwischen Berlin und Hamburg mit einer Relaisstelle in Höhbeck bei Lüchow eingerichtet, auf der im April 1952 die ersten Übertragungsversuche durchgeführt werden konnten. Die in einem Sprung zu überbrückende Entfernung zwischen Berlin und Lüchow beträgt 135 km. Es kommen also für diese Verbindung nur Meterwellen in Frage. Als Betriebsfrequenz wird zunächst der unterste Kanal in dem für Fernsehen in Aussicht genommenen Frequenzband von 174—216 MHz benutzt. Nach günstigem Ausfall der Versuche ist ein Übergang in das Band für feste und bewegliche Dienste von 235—328,6 MHz beabsichtigt. Um Frequenzband zu sparen, wurde Amplitudenmodulation mit teilweise unterdrücktem Seitenband und wegen der Möglichkeit, die Synchronisierspitzen zur Schwundregelung auszunutzen, negative Bildmodulation vorgesehen. Die Senderleistung (Oberstrichleistung) beträgt z. Z. 1 kW und wird noch auf 10 kW erhöht werden. An beiden Endstellen werden starkbündelnde Dipolrichtantennen aus 10×6 bzw. 10×3 Einheitsachterfeldern verwendet, die an 150 m hohen Eisengittermasten angebracht sind. Zunächst ist die Verbindung nur in der Richtung von Berlin nach den Westzonen benutzbar.

Die bisherigen Versuchsergebnisse und Messungen haben die Vorausberechnungen im wesentlichen bestätigt. Nach vorsichtigen Schät-

zungen wird angenommen, daß auf der Funkstrecke allein in 99 % der Übertragungszeit ein Rauschabstand von etwa 30 db und in etwa 70 bis 80 % der Zeit ein Rauschabstand von 40 db erreicht werden kann. Die Stabilität der Fernsehverbindung ist nach bisherigen Messungen wesentlich besser als die der auf der gleichen Strecke betriebenen Mehrkanal-Sprechverbindungen im 50-MHz-Band, was wohl in der Hauptsache auf die erheblich stärkere Strahlenbündelung und die höheren Antennenstützpunkte zurückzuführen ist.

Schrifttum

1. A. Heilmann: Eine Mehrkanal-Funkverbindung im Meterwellenbereich mit außerhalb der Sichtweite liegenden Endstellen, Fernmeldetechnische Zeitschrift (FTZ) Juli 1950.
2. C. Burrow: Radio Wave Propagation, Academic Press. New York, 1949.
3. K. Bullington: Radio Propagation at Frequencies above 30 MHz, Proc. J. R. E. 23, Okt. 1947.
4. J. Großkopf: Ultrakurzwellenausbreitung im Bereich von 30 bis 100 MHz, FTZ, Sept./Okt. 1951.
5. B. D. Holbrook u. J. T. Dixon: Load Rating Theory for Multi-Channel Amplifiers, Bell System Techn. Journ. 18 (1939) S. 624 ff.
6. L. Lewin: Interference in Multi-Channel Circuits, Wireless Engr. Dez. 1950.
7. A. Heilmann: Vermerk über Laufzeitverzerrungen und nichtlineares Übersprechen durch lange HF-Leitungen bei der Übertragung frequenzmodulierter Signale. Unveröffentlichter Bericht.
8. Küpfmüller: Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung, Hirzel-Verlag, Stuttgart 1949.
9. P. Rivère: La Liaison Radiotéléphonique Multiplex Continent-Corse, Annales de Radioélectricité, Juli 1948.
10. UKW-Richtverbindungen, Siemens & Halske AG, Wernerwerk, Werbeschrift.
11. G. Vogt: Kommerzielle UKW-Empfänger, Telefunken-Zeitung, Dez. 1950.
12. H. Salinger: Transients in Frequency Modulation, Proc. J. R. E., Aug. 1942.
13. RCA Laboratories Division Princeton N. 7., A Study of Cochannel and Adjecent Channel Interference of Television Signals, RCA Review Juni 1951.

K. Küpfmüller
(Standard Elektrizitäts-Gesellschaft AG, Stuttgart)

Funk und Kabel im Überseedienst

1. Kurzer Überblick über die Entwicklung

Die Geschichte der Übersee-Nachrichtenverbindungen beginnt im Jahre 1851 mit der erfolgreichen Legung des ersten Guttapercha-Telegraphen-Seekabels zwischen Dover und Calais. Das erste transatlantische Telegraphenkabel wurde im Jahre 1866 zwischen Irland und Neufundland, das erste direkte Kabel zwischen Deutschland (Emden) und Nordamerika (New York) mit einer Relaisstelle auf den Azoren wurde im Jahre 1900 verlegt. Im Jahre 1927 waren Seekabel mit einer Gesamtlänge von rund 700 000 km in Betrieb. Die Betriebssicherheit dieser Kabel und die mit ihnen erzielten Telegraphiergeschwindigkeiten waren durch die Verbesserung der Isolierung und durch die künstliche Erhöhung der Induktivität mit Band- oder Drahtbewicklung auf einen hohen Stand gebracht worden.

Kürzere Seekabel für Fernsprechen wurden von etwa 1902 ab hergestellt und meist als Krarup- oder Pupinkabel, anfänglich mit Guttapercha-Isolierung, später mit Papier-Isolierung unter Bleimantel ausgeführt. Sie bildeten eine wichtige Ergänzung der Landfernsprechnetze. Die Länge solcher Kabel war aber wegen ihrer Dämpfung praktisch auf 200—300 km beschränkt.

Die Herstellung großer Übersee-Telephonieverbindungen wurde erst durch die Funktechnik ermöglicht. Die erste transatlantische Fernsprechverbindung wurde 1927 zwischen London und New York mit Wellen von 5000 m (60 kHz) eingerichtet. Im Jahre 1928 folgte die erste Fernsprechverbindung mit kurzen Wellen auf der gleichen Strecke, sowie die erste Fernsprechverbindung zwischen Europa und Südamerika (Berlin — Buenos Aires), ebenfalls mit kurzen Wellen. 10 Jahre später, im Jahre 1938, waren auf der Erde bereits rund 170 Kurzwellenverbindungen über große Entfernungen in Betrieb. Die Kurzwellenverbindungen haben heute auch den Übersee-Telegraphieverkehr zu einem erheblichen Teil übernommen.

In Bild 1 ist ein Überblick über die Reichweiten der Wellen verschiedener Länge gegeben. Für Entfernungen über 3—4000 km, wie sie im Überseedienst erforderlich sind, kommen grundsätzlich der Langwellenbereich etwa zwischen 5000 m und 20 000 m (15—60 kHz) und

der Kurzwellenbereich etwa zwischen 10 m und 60 m (5 MHz — 30 MHz) in Betracht. Der Bereich der kürzesten Wellen unter 3 m (über 100 MHz) ist wegen seiner guten Übertragungseigenschaften, insbesondere der guten zeitlichen Konstanz, grundsätzlich ebenfalls für die Übertragung

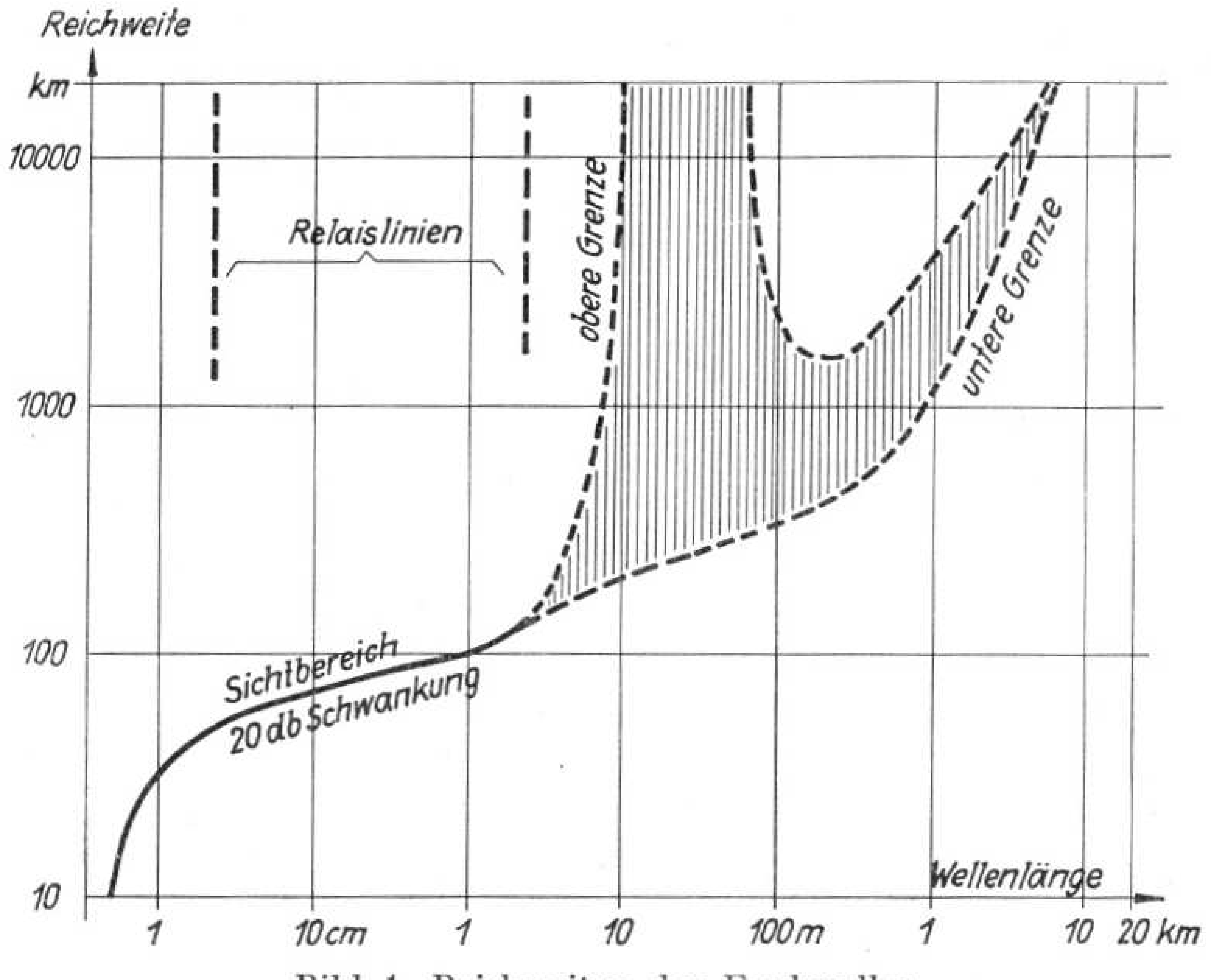


Bild 1. Reichweiten der Funkwellen

auf größte Entfernungen geeignet, erfordert aber Zwischenstationen in Abständen von einigen 100 km bis herab zu einigen 10 km, so daß dieser Wellenbereich für Überseeverbindungen nur unter Voraussetzungen verwendbar sein wird, die heute noch nicht gegeben sind.

Die Übertragungseigenschaften der Kurzwellenverbindungen sind in Abhängigkeit von der Jahres- und Tageszeit sowie vom Zyklus der Sonnenflecken sehr starken Schwankungen unterworfen. Solche Verbindungen können in Zeiten des Sonnenfleckenmaximums und starker magnetischer Stürme sogar gänzlich ausfallen. Auch im übrigen ist die bei Kurzwellenverbindungen erreichbare Qualität der Übertragung nicht immer befriedigend. Dazu kommt noch, daß die Zahl der auf der Erde gleichzeitig verwendbaren kurzen Wellen eng begrenzt ist. Daher ist die Frage nach Kabelverbindungen trotz der ausgezeichneten praktischen Erfolge der Kurzwellentechnik immer verfolgt worden; sie wird um so dringender, als die kurzen Wellen mehr und mehr für Dienste gebraucht werden, für die Kabelverbindungen grundsätzlich nicht möglich sind, wie z. B. für die Verbindungen mit Schiffen, Fahrzeugen und Flugzeugen. Eine erste Versuchsausführung eines für Sprachübertragung über große Entfernungen geeigneten Tiefseekabels wurde bereits im Jahre 1930 von den Norddeutschen Seekabelwerken unter der Lei-

tung der Bell-Telephon-Laboratorien hergestellt. Das Kabel hatte einen zur Erhöhung der Induktivität mit Perminvarband bewickelten Innenleiter und Paragutta-Isolierung und sollte einen Sprachkanal von 3 kHz Breite über eine Länge von 3300 km, entsprechend der Entfernung zwischen Irland und Neufundland, liefern. Die Versuche mit dieser Kabelart wurden aber eingestellt, da solche Kabel angesichts der aufkommenden Kurzwellenverbindungen nicht mehr wirtschaftlich erschienen. Für die zukünftige Entwicklung bietet sich vielleicht ein Weg durch die Einschaltung von Zwischenverstärkern, die mit dem Kabel in die See versenkt werden.

2. Langwellenverbindungen

Wellen mit Frequenzen unterhalb etwa 60 kHz zeigen auch bei den größten Entfernungen auf der Erde nur verhältnismäßig geringe zeitliche Schwankungen. Mit hinreichend großen Sendeleistungen, die wegen der starken atmosphärischen Störungen in diesem Wellenbereich erforderlich sind, können daher gute und zeitlich stabile Funkverbindungen hergestellt werden. Die große Reichweite und die geringe Breite dieses Wellenbandes erlauben aber nur eine geringe Anzahl solcher Verbindungen. Von neueren Anlagen dieser Art ist der während des Krieges von der Firma C. Lorenz A.G. bei Kalbe (zwischen Berlin und Hamburg) errichtete 1000-kW-Sender bemerkenswert. Der Sender konnte auf Wellenlängen zwischen 5000 und 20 000 m eingestellt werden. Die Endstufe bestand aus 4—6 Stück 300-kW-Röhren RS 391 der

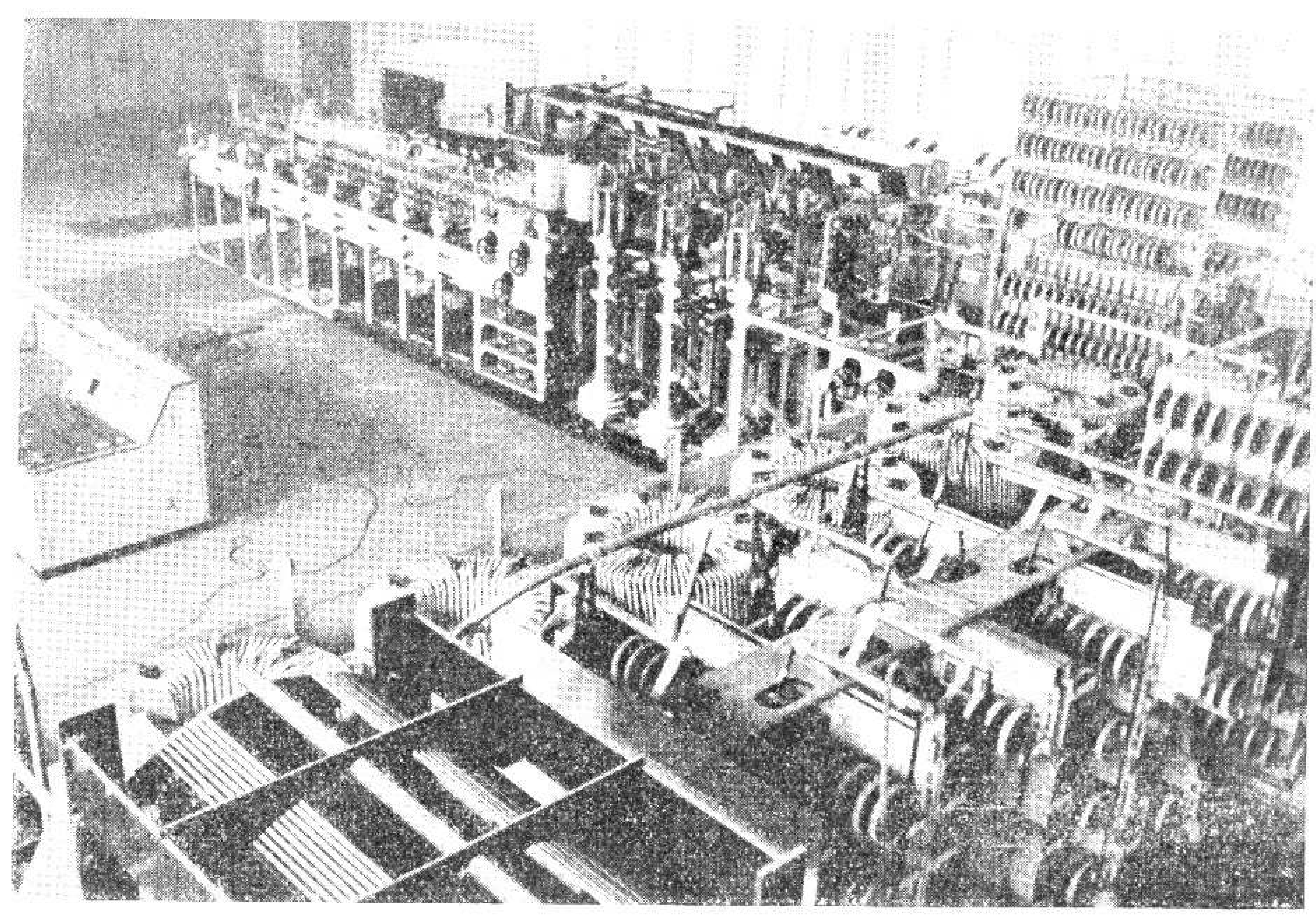


Bild 2. Senderraum des 1000 kW Senders Kalbe

Firma S i e m e n s & H a l s k e A.G. Das Bild 2 zeigt einen Blick in den Sendersaal.

Ein Hauptproblem liegt bei solchen Sendern im Wirkungsgrad der Antenne. Bei dem genannten Sender bestand die Antenne aus 3 miteinander in Verbindung stehenden Schirmantennen, deren Mittelpunkte auf den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks von 800 m Seitenlänge lagen und deren Mittelmaste eine Höhe von 200 m hatten. Die Effektivhöhe der Antenne betrug 130—140 m. Das Erdnetz wurde aus sternförmig verlegten Leitungen gebildet, die von diesen 3 Punkten und einem vierten zentralen Punkt ausgingen. Auf diese Weise gelang es, die Erdübergangswiderstände auf Werte zwischen 0,03 und 0,07 Ohm in dem ganzen Wellenlängenbereich herabzusetzen, so daß Strahlungswirkungsgrade der Antenne zwischen 45 und 90 % erzielt wurden. Mit diesem Sender konnte jeder Punkt der Erde im Telegraphierbetrieb zu jeder Zeit erreicht werden.

3. Kurzwellenverbindungen

Der Bereich der kurzen Wellen stellt gegenüber dem Langwellenbereich ein fast hundertmal so breites Frequenzband zur Verfügung mit geringeren atmosphärischen Störungen und geringerer Übertragungsdämpfung. Dazu kommt noch die Möglichkeit der Anwendung von Richtantennen, so daß eine wesentlich geringere Sendeleistung erforderlich ist. Diesem Vorteil stehen leider zwei grundsätzliche Nachteile gegenüber: Die starke zeitliche Veränderlichkeit der Wellenausbreitung und die Erscheinung der Überlagerung von Wellen verschiedener Übertragungswege. Die durch die Mehrfachwege verursachten Erscheinungen konnten für die Telephonie fast völlig durch die Einführung der Einseitenbandübertragung beseitigt werden. Diese Übertragungsform reduziert die Störungen auf eine echoartige Wiederholung der Nachrichten mit Zeitabständen, die den Wegdifferenzen entsprechen; solche Echos sind für die Verständlichkeit der Sprache unschädlich, wenn die Verzögerungszeiten nicht mehr als einige Millisekunden betragen [2]. Dies trifft bei den im Überseeverkehr auftretenden Mehrfachwegen im allgemeinen zu. Nur wenn die Laufzeitunterschiede in die Gegend einiger Zehntelsekunden kommen, wie bei dem allerdings seltenen Fall mehrfacher Umläufe der Wellen um die Erde, werden die Echoerscheinungen merklich und setzen die Verständlichkeit herab. Das Einseitenbandverfahren hat gleichzeitig eine bessere Ausnützung des Wellenbandes sowie eine Verminderung der zum Empfänger gelangenden Störungen ergeben.

Die Empfangsfeldstärke bei einer bestimmten Übertragungsstrecke ist in jedem Zeitpunkt stark von der Wellenlänge innerhalb des Kurzwellenbandes abhängig, so daß jeweils für eine bestimmte Verbindung nur ein bestimmter schmaler Wellenbereich des ganzen Bandes verwendbar ist; er hat im allgemeinen eine Breite von mehreren MHz. Aber selbst bei diesen jeweils günstigsten Wellenlängen kommen noch starke zeitliche Schwankungen der Feldstärke vor, die sich oft über einen Amplitudenbereich von über 1000 : 1 erstrecken.

Durch die Verwendung von Richtantennen und durch Mehrfachempfang aus mehreren Antennen mit genügend großem räumlichem Abstand können die Schwankungen der Empfangsfeldstärke vermindert werden. Der Richtempfang, der in der vollkommensten Form durch die steuerbaren Mehrfachantennen durchgeführt wurde, verbessert auch den Störpegelabstand des Empfängers. Die Entwicklung von Empfängern hoher Empfindlichkeit, hoher Selektivität und großen Pegelumfanges hat es mit sich gebracht, daß man sich heute im allgemeinen mit einfachen Rhombusantennen begnügen kann, von denen gelegentlich zwei zum Doppelempfang verwendet werden [3].

Einen wesentlichen Beitrag zur Überwindung der schwankenden Übertragungsverhältnisse der kurzen Wellen hat die Bearbeitung der Regelungsprobleme bei den Sende- und Empfangseinrichtungen gebracht. Volumenregler, Schwundregler und Rückkopplungssperren dienen dazu, die Schwankungen in ihren Auswirkungen auf die Verbindung unschädlich zu machen.

Die Volumenregler stellen heute hochentwickelte Einrichtungen dar, deren Funktion die Eigentümlichkeiten der Sprechströme und der vorkommenden Störströme berücksichtigt und zwischen ihnen bis zu einem gewissen Grad unterscheidet. Als Beispiel für den Stand dieser Entwicklung werde im folgenden ein „Sendevolumenregler" etwas näher betrachtet.

Die mittlere Stärke der von der Landseite dem Sender zufließenden Sprechströme schwankt infolge der verschiedenen Arten und Längen der Zubringerleitungen sowie infolge der verschiedenen Lautstärke der Sprecher in ziemlich weiten Grenzen. Die nach dem Netzplan vorkommende kleinste Bezugsdämpfung liegt bei 0 db, die größte bei etwa 20 db. Die mittleren Lautstärken verschiedener Sprecher können um mehr als 15 db voneinander verschieden sein. Insgesamt füllen die vorkommenden Dämpfungsunterschiede mindestens einen Bereich von 30 db [4]. Damit trotz der schwankenden Übertragungsverhältnisse am Empfangsort der maximal mögliche Geräuschabstand erreicht wird, muß der Sender unabhängig von diesem großen Schwankungsbereich der Lautstärken immer voll ausgesteuert werden. Dazu dient der Sendevolumenregler, ein Verstärker mit automatischer Regelung des Verstärkergrades, der im Niederfrequenzweg der Senderichtung liegt. Das Bild 3 zeigt als Beispiel den Prinzip-Stromlauf eines neueren Sendevolumenreglers der Firma C. Lorenz A.G. Die Sprachleistung durchfließt das Gerät in der Richtung von a nach b; sie wird im Verstärker V_1 verstärkt. Am Ausgang dieses Verstärkers wird bei c ein kleiner Teil der Leistung abgezweigt und in V_2 weiterverstärkt. Die am Ausgang dieses Verstärkers auftretenden Ströme dienen zur Regelung der Verstärkung im Hauptweg a b, und zwar über die beiden Dämpfungsglieder $W_1 G_1$ und $W_2 G_2$. G_1 und G_2 sind Kristallgleichrichter. Sie werden vom Anodenstrom der Röhre V_4 in der angegebenen Richtung durchflossen. Wird dieser Anodenstrom vergrößert, so werden die differentiellen Durchlaßwiderstände der Gleichrichter kleiner, so daß ein größerer Teil der Sprechspannungen an den

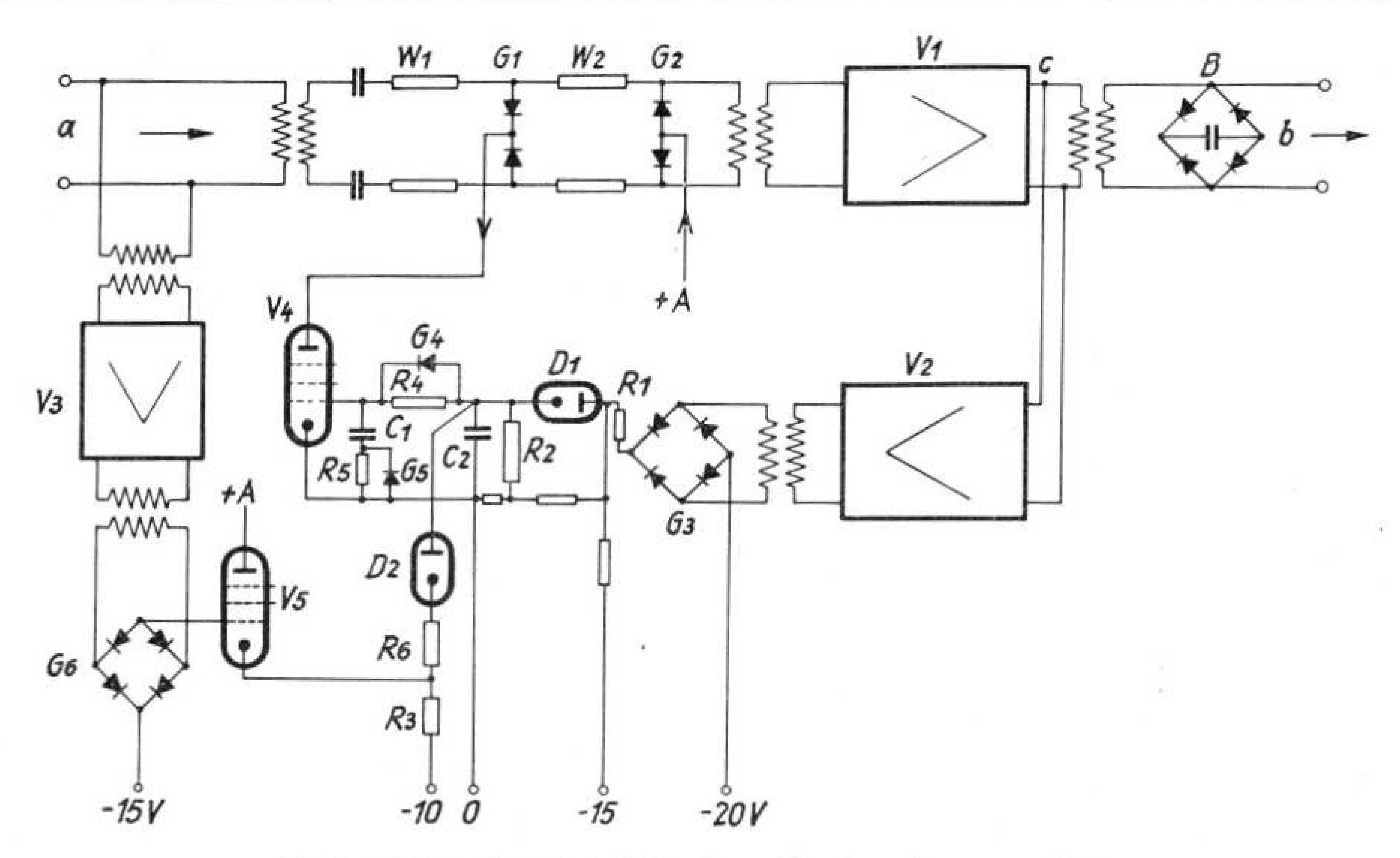


Bild 3. Prinzipschaltbild eines Sendevolumenreglers

Widerständen W_1 und W_2 abfällt und die Dämpfung ansteigt. Der Anodenstrom der Röhren V_4 wird von den am Ausgang von V_2 auftretenden Sprechströmen nach Gleichrichtung über die zwischen V_2 und V_4 liegende Gleichrichteranordnung gesteuert. Diese besteht zunächst aus den parallel geschalteten Kondensatoren C_1 und C_2, dem Gleichrichter G_3, der Diode D_1 und dem Vorwiderstand R_1. Widerstand und Kapazitäten sind so bemessen, daß die Aufladezeit der Kondensatoren bei einem plötzlichen Anwachsen der Sprechspannung sehr kurz ist. Damit wird erreicht, daß auch das Potential am Gitter der Steuerröhre V_4 rasch ansteigt, so daß innerhalb einer „Ansprechzeit" von weniger als 0,01 Sekunden bereits die Herabregelung der Verstärkung im Hauptweg abgeschlossen ist. Es stellt sich dabei nach jedem Anwachsen der Sprechspannung bei a angenähert wieder die gleiche Amplitude der Spannung am Ausgang b ein. Würde bei kleiner werdender Sprachamplitude die Regelung ebenso schnell arbeiten, dann würden die Unterschiede der Sprachamplituden ausgeregelt werden, die Dynamik der Sprache würde zerstört werden. Eine gewisse „Dynamikpressung" ist verschiedentlich praktisch durchgeführt worden; sie erfordert auf der Empfangsseite eine entsprechende „Dynamikdehnung". Da sich die letztere aber bei zeitlichen Schwankungen der Übertragung ungünstig verhält, wird heute bei den Überseeverbindungen im allgemeinen ohne Pressung und Dehnung gearbeitet. Zu diesem Zweck muß die „Nachwirkzeit" der Regelanordnung genügend groß gemacht werden. Dies wird in der Anordnung des Bildes 3 dadurch erreicht, daß die Entladung der Kondensatoren C_1 und C_2 über den Widerstand R_1 durch die Diode D_1 gesperrt wird. Die Nachwirkzeit darf andererseits aus zwei Gründen nicht zu groß gemacht werden:

1. Bei der Herstellung einer neuen Sprechverbindung mit einem anderen Teilnehmer, der eine größere Sendebezugsdämpfung hat als der vorhergehende, wäre sonst längere Zeit eine zu hohe Dämpfung im Sprechweg vorhanden.
2. Kurzzeitige Spitzenamplituden, z. B. Störimpulse, würden den Sprechweg für lange Zeit unnötig dämpfen.

Zur Erfüllung der einander widerstrebenden Bedingungen sind verschiedene Hilfsmaßnahmen in dem Regler vorgesehen. Zunächst wird eine automatische Umschaltung zwischen zwei verschiedenen Entladekreisen durchgeführt, und zwar können sich die beiden parallel liegenden Kondensatoren C_1 und C_2 (je 3 μF) entweder über den sehr großen Widerstand R_2 (30 MOhm) entladen oder über einen kleineren Widerstand R_6 (2 MOhm), so daß die Entladezeitkonstanten entweder 180 Sekunden oder 12 Sekunden betragen. Die Umschaltung wird über die Diode D_2 herbeigeführt, die mit Hilfe einer an dem Widerstand R_3 auftretenden und aus den Spechströmen bei a über den Verstärker V_3 und den Gleichrichter G_6 abgeleiteten Gleichspannung gesteuert wird. Die Vorspannungen der Röhre V_5 sind so gewählt, daß Anodenstrom fließt solange die Sprachamplituden bei a unter einer bestimmten Schwelle liegen. Der Spannungsabfall dieses Anodenstromes am Widerstand R_3 hebt dann das Kathodenpotential der Diode D_2 auf einen solchen Wert, daß sie gesperrt ist und eine Entladung der Kondensatoren nur über den großen Widerstand R_2 erfolgen kann. Wachsen die Sprachamplituden bei a aber über den Schwellenwert, dann entsteht über den Gleichrichter G_6 eine so große negative Vorspannung am Steuergitter von V_5, daß diese Röhre gesperrt wird. Der Spannungsabfall an R_3 verschwindet nun und das Potential der Kathode von D_2 wird so niedrig, daß die Kondensatorentladung über den kleinen Widerstand R_6 gehen kann. Daher hängt die Nachwirkzeit des Volumenreglers von der Höhe des Eingangspegels ab. Das Bild 4 zeigt die Größe der Nachwirkzeit, wenn

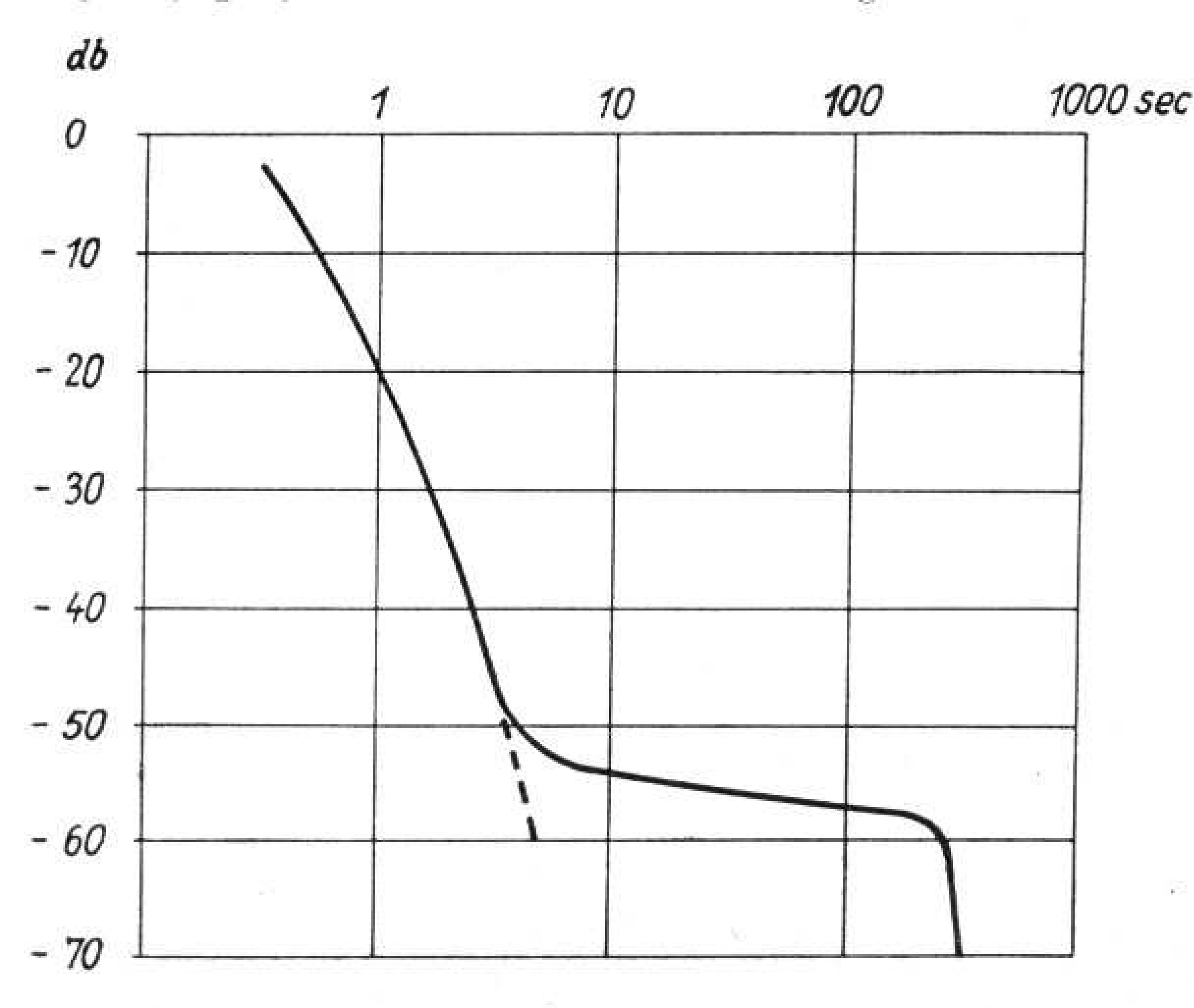


Bild 4. Nachwirkzeit des Sendevolumenreglers in Abhängigkeit vom Pegelabfall

der Eingangspegel von 0 db auf den jeweils als Ordinate angegebenen Wert gesenkt wird. Die nach jeder Vergrößerung der Sprachamplitude rasch auftretende Regelung der Verstärkung zwischen a und b verschwindet also jeweils innerhalb einiger Sekunden wieder, solange gesprochen wird. In den Sprechpausen bleibt jedoch die Verstärkung während mehrerer Minuten erhalten. Dadurch wird vermieden, daß die normalen Störgeräusche der Leitungen während der Sprechpausen infolge zu hoher Verstärkung hörbar werden.

Eine Unterdrückung der Nachwirkung kurzzeitiger großer Impulse wird durch die mit $R_5 G_5$ bezeichnete Einrichtung erzielt. Der Widerstand R_5 verzögert den Aufladevorgang des Kondensators C_1 gegenüber der Aufladung von C_2. Während die Zeitkonstante für die Aufladung von C_2 etwa 15 msec beträgt, geht die Aufladung von C_1 mit einer Zeitkonstanten von etwa 60 msec vor sich. Verschwindet daher die kurzzeitige Störspannung wieder, so hat C_1 eine niedrigere Spannung als C_2; C_2 entlädt sich verhältnismäßig rasch (innerhalb etwa 100 msec) in den Kondensator C_1, so daß die Spannung am Steuergitter von V_4 ebenfalls rasch absinkt und die Regelung im Hauptweg rückgängig gemacht wird. Störimpulse, die kürzer als 20—30 msec sind, verursachen daher praktisch keine nachwirkende Abwärtsregelung der Verstärkung im Sprechweg. Der Gleichrichter G_5 überbrückt den Widerstand R_5 während der Entladung des Kondensators C_1.

Schließlich ist noch die Einrichtung $R_4 G_4$ zu betrachten. Sie ist während des Aufladevorgangs unwirksam, da hier der Sperrschichtgleichrichter G_4 den Widerstand R_4 kurzschließt. Während des Entladevorgangs dagegen bewirkt der Widerstand R_4 eine verzögerte Entladung des Kondensators C_1, so daß die Steuerspannung an V_4 zunächst aufrechterhalten bleibt (ca. 100 msec lang). Dadurch wird erreicht, daß die Sprachdynamik besser gewahrt wird, als es der Nachwirkzeit von einigen Sekunden entsprechen würde. Der Volumenregler erfüllt also im wesentlichen folgende Funktionen:

1. Bei steigendem Eingangspegel am Punkte a wird die Verstärkung des Hauptweges a b mit unmerklich kurzer Verzögerungszeit (< 10 msec) um einen Betrag zurückgeregelt, der dem Zuwachs des Eingangspegels ungefähr gleich ist, so daß die maximalen Sprachamplituden am Ausgang des Reglers auf einen konstanten Wert gebracht werden (Aufladung von C_1 und C_2 über R_1).

2. Gehen die Eingangsspannungen auf einen niedrigeren Wert zurück, dann wird der Verstärkungsgrad im Hauptweg etwa 0,1 Sekunden lang aufrechterhalten ($R_4 G_4$); er wächst dann allmählich an (Entladung von C_1 und C_2 über R_6) und würde seinen den neuen Amplituden entsprechenden Endwert nach einigen Sekunden erreichen. Während des Sprechens bewirken jedoch die großen Amplituden der Vokale meist bereits vorher schon eine erneute Regelung des Verstärkungsgrades.

3. Nach einer kurzzeitigen Erhöhung der Eingangsspannung durch Störimpulse (< 20 msec) geht der Verstärkungsgrad im Hauptweg a b sofort wieder auf seinen ursprünglichen Wert zurück (Aufladung von C_1 über R_5, Entladung von C_2 in C_1).
4. Bei völligem Verschwinden der Sprechströme bleibt der letzte Zustand des Verstärkungsgrades im Hauptweg einige Minuten lang aufrechterhalten (Entladung von C_1 und C_2 über R_2).

Das Bild 5 zeigt, welche Regelgenauigkeit bei diesem Volumenregler erzielt wird. Dargestellt ist die Abhängigkeit des Ausgangspegels vom Eingangspegel bei einem sinusförmigen Meßstrom. Der Ausgangspegel bleibt auf ± 2 db konstant, wenn sich der Eingangspegel um 60 db ändert. Die Einrichtung B in Bild 3 stellt einen Amplitudenbegrenzer dar, der infolge der Aufladung des Kondensators seinen Schwellenwert den mittleren Sprachamplituden anpaßt. Er dient zur Beseitigung von kurzzeitigen hohen Amplituden, wie sie infolge der endlichen Ansprechzeiten der Regeleinrichtungen vorkommen können.

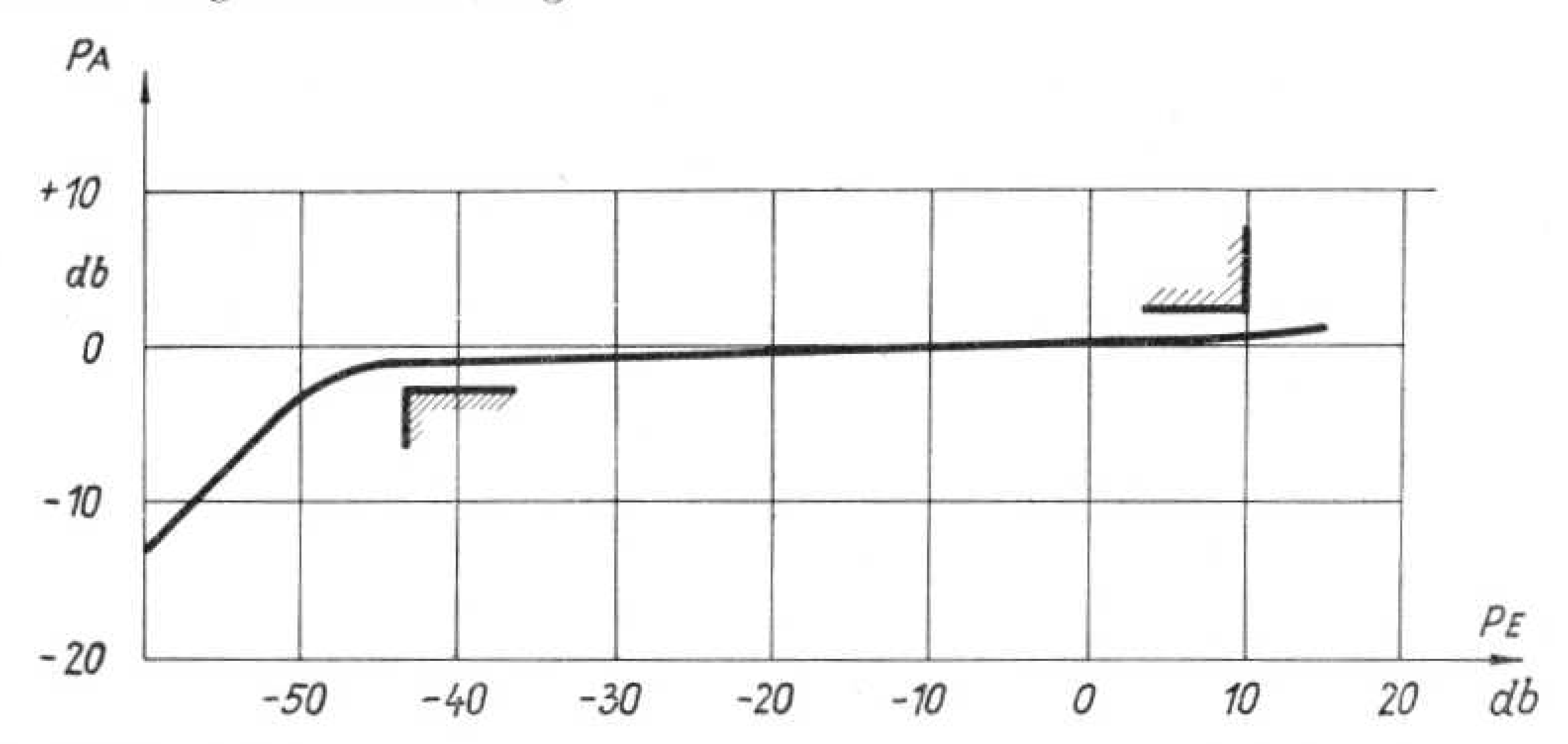


Bild 5. Abhängigkeit des Ausgangspegels vom Eingangspegel beim Sendevolumenregler, gemessen mit Dauerton

Eine ähnliche Einrichtung bildet der Empfangsvolumenregler, der auf der Niederfrequenzseite des Empfangsweges liegt. Er soll die mittleren Pegelschwankungen der aus dem Funkempfänger kommenden Sprechströme beseitigen, soweit sie nicht bereits durch die Schwundregelung des Funkempfängers ausgeglichen werden; die Dynamik soll dabei wieder möglichst wenig verändert werden. Damit ergeben sich ähnliche Aufgaben wie beim Sendevolumenregler, die in entsprechender Weise gelöst werden können. Bemerkenswert ist eine Einrichtung, die in derartigen Reglern zur selbsttätigen Einstellung der Verstärkung im Hauptweg nach dem jeweils vorhandenen Störgeräuschpegel verwendet wird. Das Prinzip dieser Einrichtung sei an Hand von Bild 6 erläutert. Bei a wird ein Teil der Sprechleistung zugeführt. Über die Diode D_1 wird am Widerstand R_1 eine gleichgerichtete Spannung mit einer gewissen Glättung durch C_1 abgeleitet. Diese Spannung lädt über den hohen Widerstand R_2 den Kondensator C_2 auf und steuert damit den Anodenstrom der Röhre

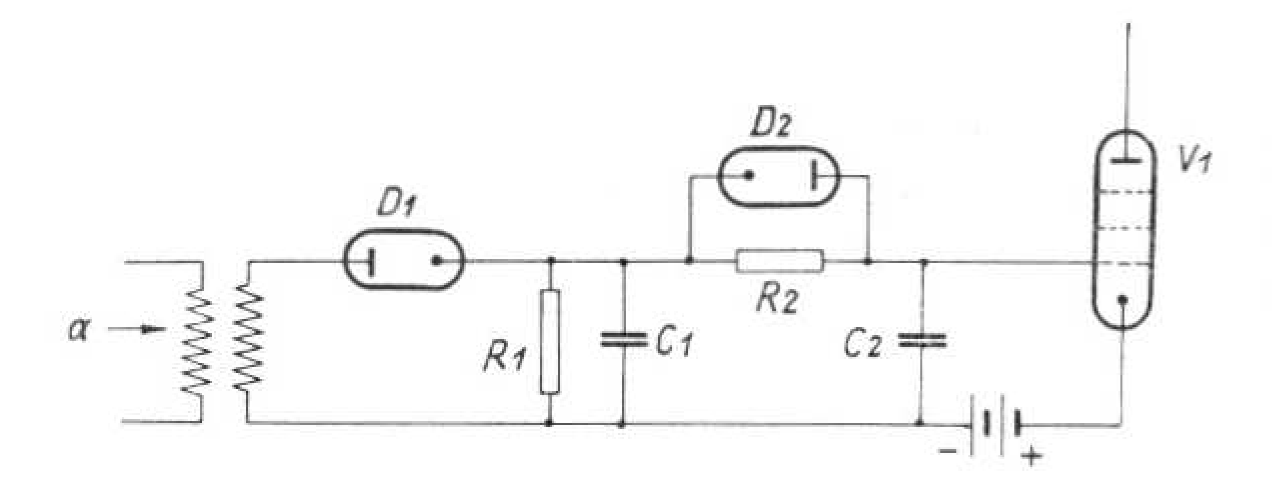


Bild 6. Verzögerungseinrichtung für große Ansprech- und kleine Abfallzeit

V_1, der über Gleichrichterzellen, ähnlich $W_1 G_1$ und $W_2 G_2$ bei Bild 3, in den Hauptweg dämpfend eingreift. Verschwindet die Spannung bei a, dann entlädt sich der Kondensator C_2 rasch über die Diode D_2 und den Widerstand R_1. Steigende Amplituden bei a wirken also hier mit großer Integrationszeit (einige Sekunden) regelnd im Hauptweg. Fallende Amplituden bei a heben aber sofort (innerhalb 10 msec) die Regelung wieder auf. Ein Dauerton bei a wirkt in voller Stärke auf den Verstärkungsgrad im Hauptweg ein; Sprechströme dagegen mit ihren gegenüber einer Sekunde nur kurzzeitigen großen Amplituden der Vokale können nicht zu einer entsprechenden Aufladung von C_2 führen, da immer nach dem Aufhören der Vokale die erreichte Aufladung wieder verschwindet. Die Einrichtung unterscheidet daher zwischen Störströmen mit etwa gleichbleibender Amplitude und den Sprechströmen. Im Hauptweg ergibt sich eine um so höhere Dämpfung, je stärker die dort vorhandenen Dauerstörungen sind.

Die Volumenregler stellen sich im Ruhezustand auf die höchste Verstärkung in den Sprechwegen ein. Dadurch würde die Pfeifgrenze der Sprechverbindung weit überschritten werden. Auch während der Gespräche muß mit einer Überschreitung der Pfeifgrenze gerechnet werden. Daher wird der Rückkopplungsweg mindestens an einer Stelle durch „Rückkopplungssperren“ aufgetrennt.

Das Bild 7 zeigt das Prinzip der verschiedenen heute verwendeten R ü c k k o p p l u n g s s p e r r e n. Sie unterscheiden sich durch den

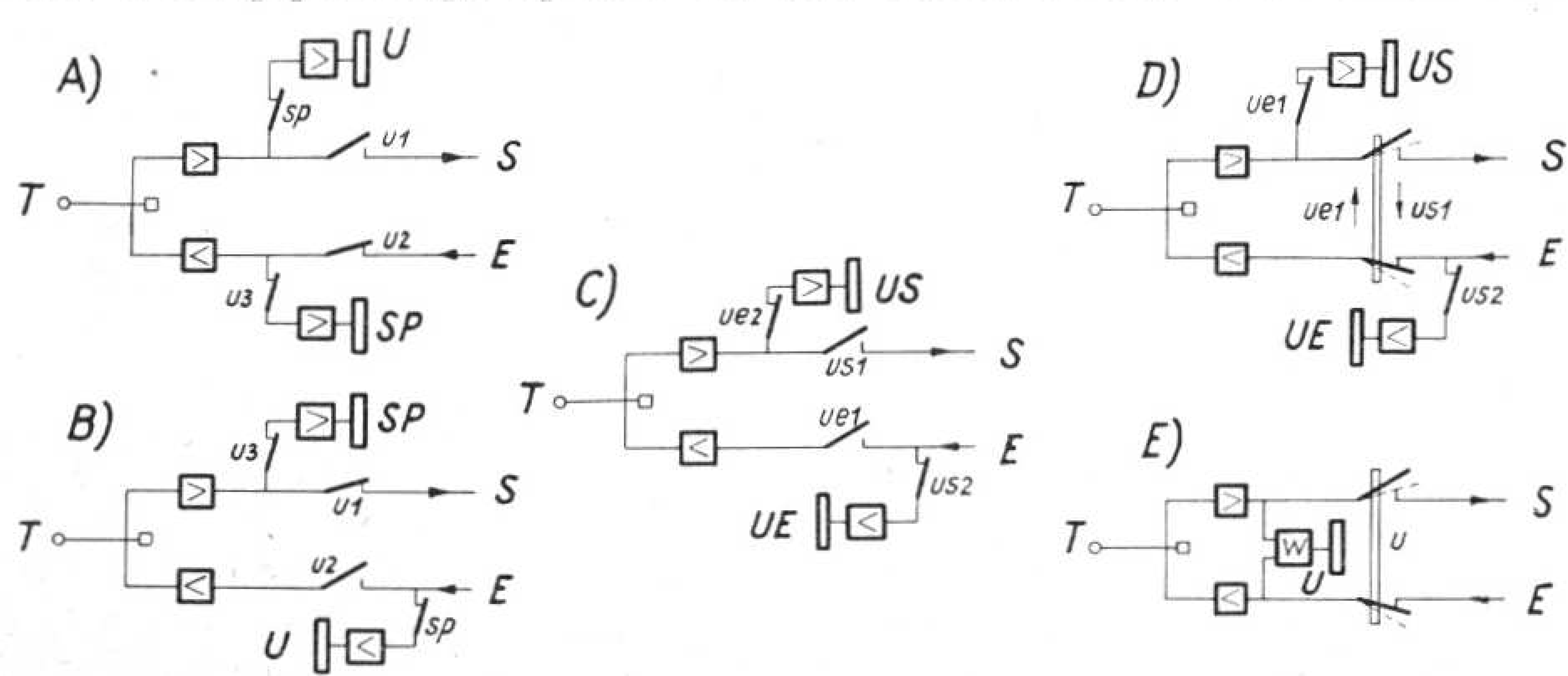


Bild 7. Schema verschiedener Rückkopplungssperren; die mit großen Buchstaben bezeichneten Relais betätigen jeweils die gleichnamig bezeichneten Kontakte

Zustand der Sperrung während der Gesprächspausen. Die Ausführungen A, B, C sind „monostabile" Sperren; sie haben eine definierte Ruhelage. Die Ausführungen D und E sind „bistabile" Sperren; sie haben zwei Ruhelagen, die den beiden Sprechrichtungen entsprechen. Bei der Ausführung A ist der Sendeweg im Ruhezustand gesperrt. Durch das Relais U wird beim Sprechen in der Richtung zum Sender der Sendeweg durchgeschaltet und der Empfangsweg unterbrochen. Das Sperr-Relais SP spricht an, wenn in der Empfangsrichtung gesprochen wird, und sperrt dabei das Umsteuer-Relais U. Die Ausführung B stellt das Gegenstück zu A dar; im Ruhezustand ist die Empfangsrichtung gesperrt. Bei C sind beide Richtungen im Ruhezustand gesperrt; es wird jeweils die Richtung durchgeschaltet, in der die Ströme den Ansprechwert überschreiten, und gleichzeitig wird das Umsteuer-Relais der anderen Richtung gesperrt. Bei den Ausführungen D und E bleibt der Umschalter jeweils in der zuletzt benutzten Stellung liegen. Folgen Ströme in der gleichen Sprechrichtung, dann wird lediglich der Umsteuermechanismus der Gegenrichtung blockiert. E ist eine „Differentialsperre" [5], bei der in einer Einrichtung W die Pegel der Ströme in den beiden Sprechrichtungen gegeneinander abgewogen werden. Der überwiegende Pegel bestimmt die Richtung der Umschaltung.

Grundsätzlich würde es genügen, wenn nur an einem Ende der Verbindung eine Rückkopplungssperre vorhanden wäre. Gewöhnlich werden aber an beiden Enden Rückkopplungssperren eingeschaltet, weil mit den Schaltströmen noch andere Funktionen durchgeführt werden können, z. B. in Geräten zur Erschwerung unbefugten Mithörens. Die verschiedenen Ausführungen zeigen Eigentümlichkeiten im Betriebe, die noch davon abhängen, welcher Typ von Rückkopplungssperren auf der Gegenstation verwendet wird. So können z. B. im Fall B verhältnismäßig schwache von T kommende Leitungsgeräusche infolge der Wirkung des Sendevolumenreglers mit erheblicher Amplitude vom Sender ausgestrahlt werden. Befindet sich in der Gegenstation eine gleichartige Ausführung der Rückkopplungssperre, so können diese Störströme dort den Umschalter U betätigen. Damit wird der Sendeweg der Gegenrichtung blockiert; die Verbindung ist unterbrochen und kann durch Sprechen von der Gegenstation aus nicht in Betrieb gebracht werden.

Bei jedem Umschaltevorgang tritt ein gewisser Verlust an Sprechströmen am Anfang des Satzes ein, der durch die Ansprechzeit des Umschaltemechanismus bestimmt ist. Die bistabilen Rückkopplungssperren beschränken diesen Verlust im wesentlichen auf die Zeitpunkte, in denen die Gesprächsrichtung gewechselt wird. Die Deutsche Bundespost verwendet daher in ihren Überseefunkverbindungen ausschließlich Differentialsperren. Die Ansprechzeiten dieser Sperren liegen je nach dem Sprachpegel zwischen 3 und 30 msec, die Nachwirkzeiten betragen 30—300 msec.

Zu den Volumenreglern und Rückkopplungssperren kommen auf der Niederfrequenzseite der Verbindungen noch die Einrichtungen zur trägerfrequenten Zusammenfassung mehrerer Sprachkanäle (meist 4)

sowie Bedienungs- und Überwachungseinrichtungen. Ferner wird zur Erschwerung des Abhörens durch Unbefugte meist das Sprachband in schmale Teilbänder zerlegt, die miteinander vertauscht werden können. Insgesamt stellen die Niederfrequenzeinrichtungen einen beträchtlichen Teil des Aufwandes für die Verbindungen dar. Das Bild 8 zeigt als Beispiel einen Blick in den Saal mit den Niederfrequenzeinrichtungen für 5 Kanäle der Überseeverbindungen Frankfurt a. M. — New York.

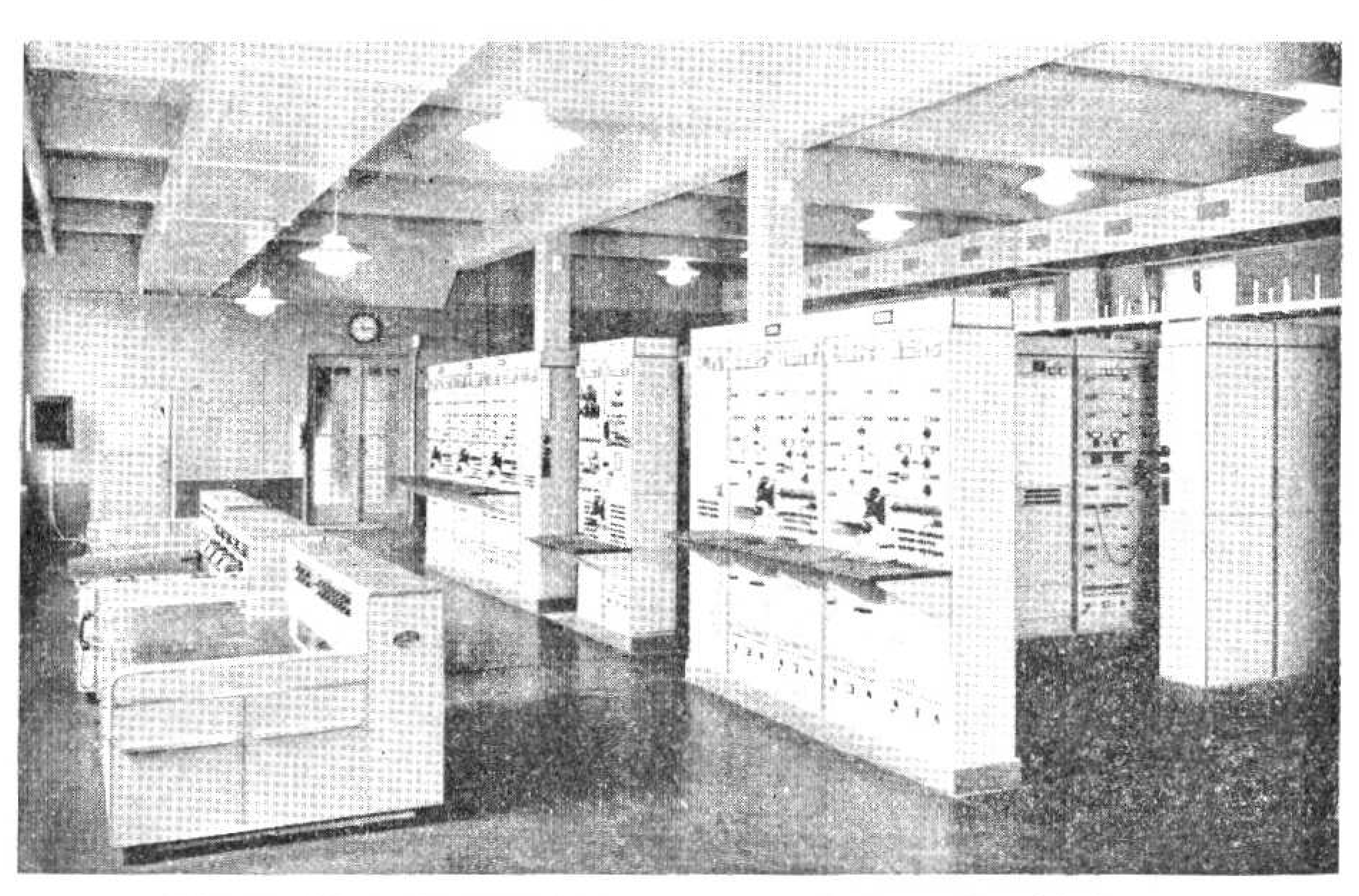


Bild 8. Niederfrequenzeinrichtung der Funksprechverbindungen Frankfurt a. M. — New York in Frankfurt a. M.

Auf der Hochfrequenzseite [6] spielt ebenfalls das Regelungsproblem eine wichtige Rolle. Dazu kommt wegen der Mehrfachausnützung von Sender und Empfänger die Aufgabe, alle Übertragungswege hinreichend linear zu machen, um Übersprechen zwischen den Kanälen zu vermeiden. Zur Durchführung der Amplituden- und Frequenzregelung wird neben den Sprachkanälen ein sogenannter Trägerrest ausgesendet, das ist eine etwa in der Mitte des übertragenen Frequenzbandes liegende Sinusschwingung mit einer gegen die Sprechströme um etwa 20 db niedrigeren Amplitude. Wegen der selektiven Schwunderscheinungen ändert sich allerdings die Übertragungsdämpfung für diese Kontrollschwingung zeitlich nicht synchron mit der Übertragungsdämpfung für die Nachrichtenschwingungen. Es können jedoch auf diese Weise diejenigen Schwunderscheinungen, die das ganze Band betreffen, angenähert ausgeregelt werden. Zu diesem Zweck wird die Kontrollschwingung im Empfänger durch ein hinreichend selektives Filter ausgesiebt und gleichgerichtet. Aus dieser Gleichspannung wird

eine Regelspannung über Kondensator-Widerstandsschaltungen abgeleitet. Durch Versuche hat sich ergeben, daß es zweckmäßig ist, eine lange Nachwirkzeit der Regelung von etwa 10 Sekunden und eine kurze Ansprechzeit von etwa 0,2 Sekunden zu wählen. In Bild 9 sind Ausschnitte aus Registrierungen des Empfangspegels bei solchen Versuchen

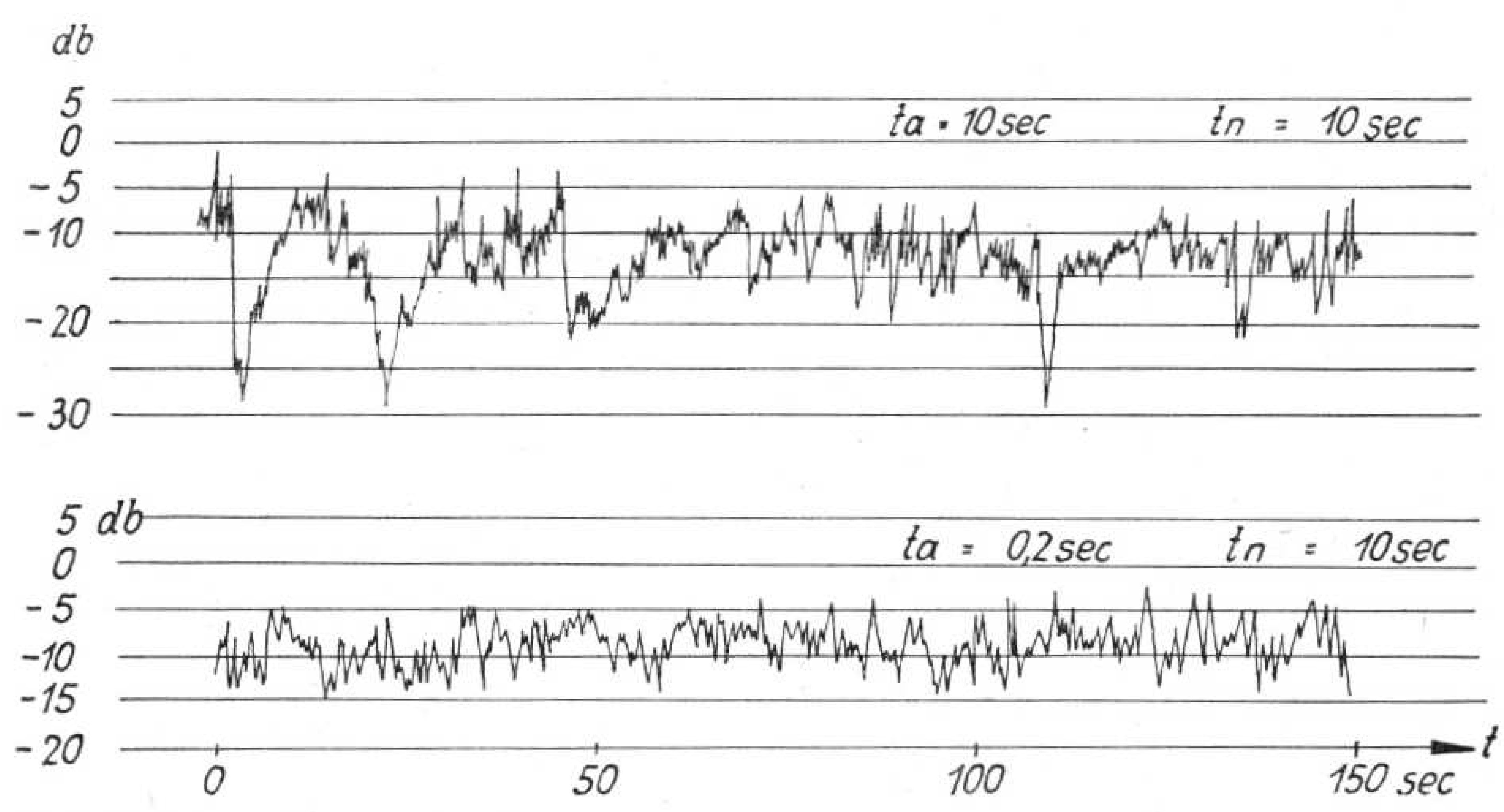


Bild 9. Schwankungen des Empfangsmeßpegels für die Übertragung von New York nach Frankfurt a. M. bei zwei verschiedenen Einstellungen der Ansprechzeiten des Schwundreglers (10 Sekunden oberes Bild, 0,2 Sekunden unteres Bild)

gezeigt, und zwar für zwei Fälle der Einstellung der Ansprechzeit. Der Empfangspegel wurde dabei durch den Effektivwert eines Gemisches aus vier über den Sprechfrequenzbereich verteilten Sinusschwingungen gemessen. Man erkennt deutlich die erhebliche Reduktion der Pegelschwankungen, die durch die geeignete Wahl der Ansprechzeit erzielt wird. Es erklärt sich dies dadurch, daß die selektiven Schwunderscheinungen verhältnismäßig kurzzeitige Einbrüche der Amplitude bewirken, die durch die Nachwirkung des Reglers überbrückt werden. Die großen langsamen Schwankungen der Amplituden, die infolge von Veränderungen der Übertragungsbedingungen in der Ionosphäre entstehen und das ganze übertragene Frequenzband betreffen, werden in einem sehr großen Feldstärkenbereich ausgeregelt. Dies wird mit hoher Genauigkeit dadurch erreicht, daß die Regelspannung auf eine größere Zahl von Stufen des Empfängers einwirkt. Wie aus Bild 10 für einen neueren Empfänger zu ersehen ist, werden Eingangsspannungen in dem Bereich zwischen 0,2 μV und 2000 μV sehr gut ausgeglichen.

Der Trägerrest dient auch zur automatischen Frequenznachstellung des Überlagerers im Empfänger. Eine solche Nachstellung ist wegen der durch langsame Weglängenänderungen bedingten Frequenzänderungen der einfallenden Welle erforderlich [6] [7].

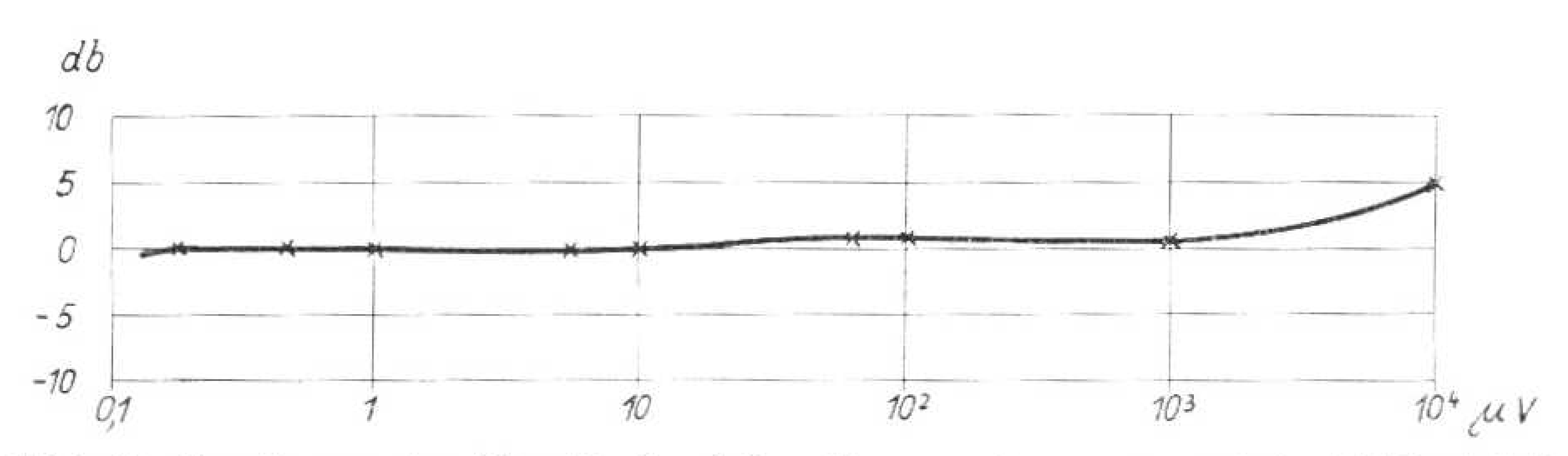


Bild 10. Regelkurve des Einseitenband-Empfängers; Ausgangspegel in Abhängigkeit von der Hochfrequenz-Eingangsspannung

Die Bilder 11 und 12 zeigen als Beispiele sechs Telephonie-Empfänger und drei 20-kW-Sender der Überseefunkstelle Frankfurt a. M., die für eine Ausnützung durch je 4 Sprechkanäle eingerichtet sind.

Für die Telegraphie haben sich durch die Einführung der Frequenzmodulation wesentliche Fortschritte ergeben. Den Anfang dieser neueren Verfahren bildete die Tonfrequenz-Telegraphie (WTZ), bei der für Trennstrom und Zeichenstrom je eine oder mehrere Tonfrequenzen verwendet werden [8]. Diese Wechselstrom-Telegraphie auf Funktelephoniekanälen hat sich gut bewährt; sie wird auch heute noch verwendet. Eine Verbesserung hinsichtlich der Ausnutzung des Frequenzbandes und hinsichtlich der Betriebssicherheit hat sich durch

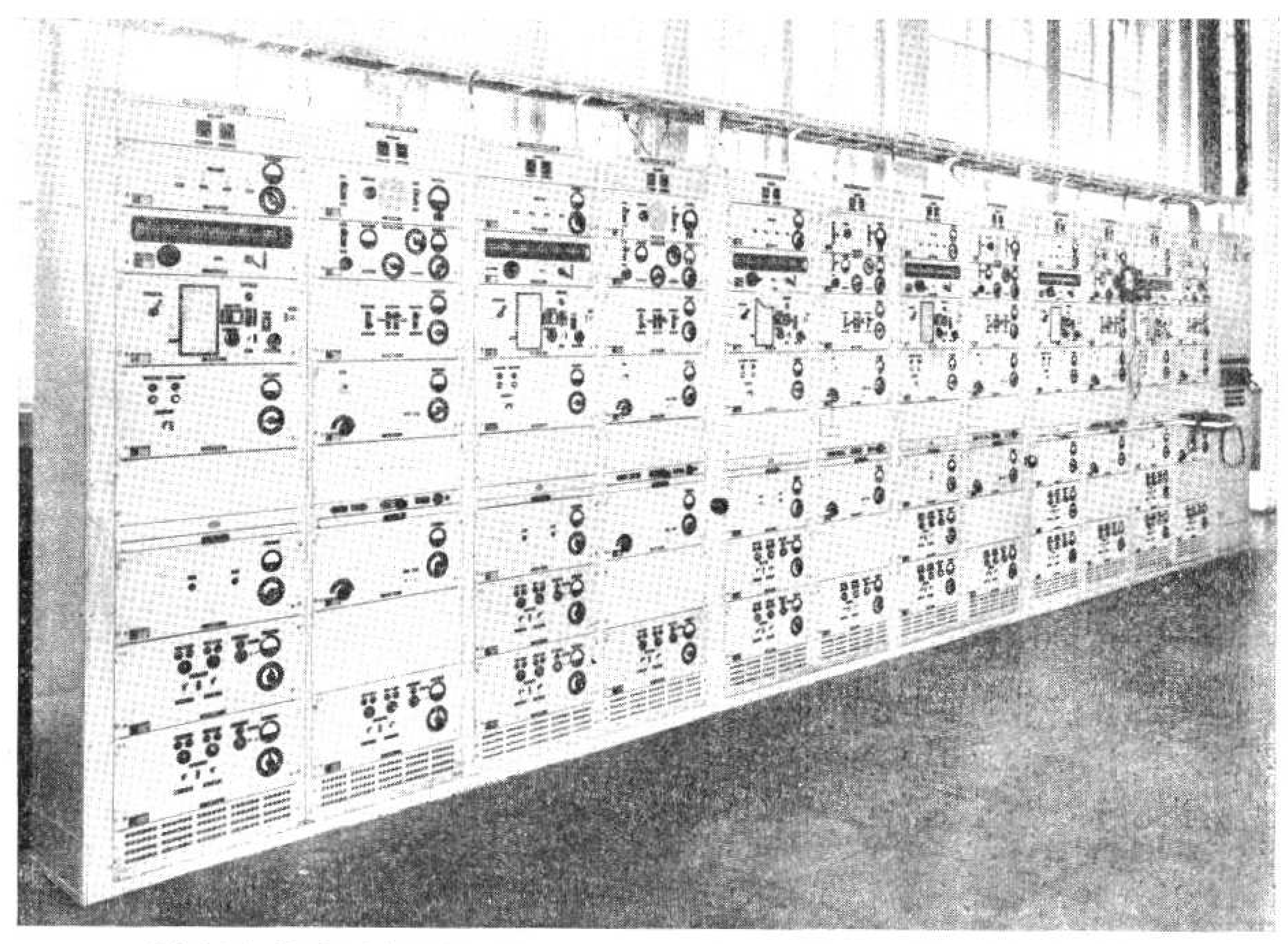


Bild 11. Sechs Einseitenband-Telephonieempfänger, Frankfurt a. M.

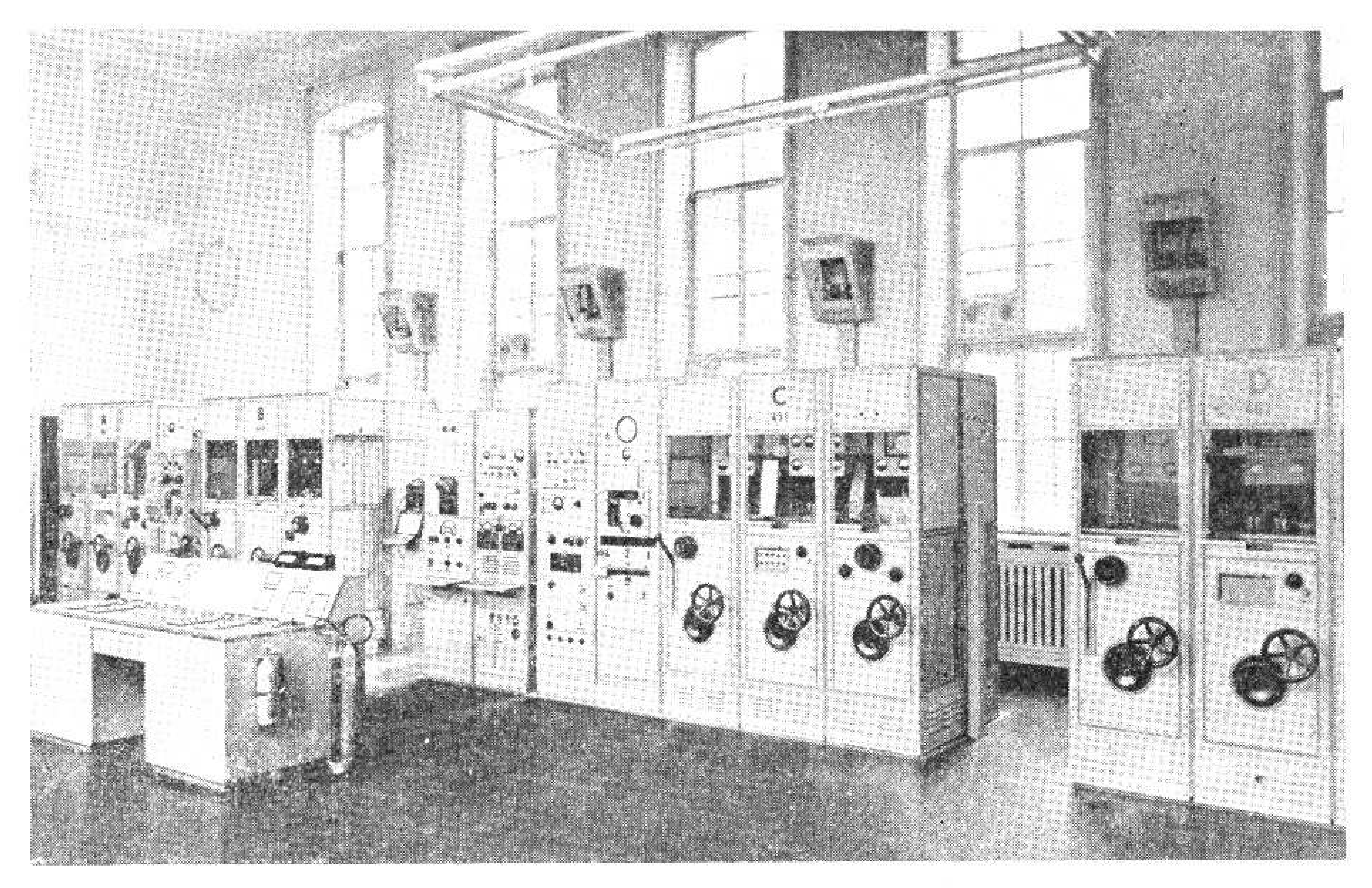


Bild 12. Drei 20 kW Telephoniesender für je 4 Sprechkanäle, Frankfurt a. M.

die Anwendung der eigentlichen Frequenzmodulation („Frequenzumtastung") zur Übertragung der Telegraphierzeichen ergeben, wobei die Frequenz der ausgestrahlten Trägerwelle selbst im Rhythmus der Telegraphierzeichen getastet wird [9]. Damit ergibt sich die Möglichkeit, im Empfänger neben einer einfachen Amplitudenregelung eine gute Amplitudenbegrenzung einzuführen, so daß die Übertragungsschwankungen weitgehend beseitigt werden. Dazu kommt noch die durch die Frequenzmodulation bedingte Verbesserung des Störabstandes. Als ein Mittelweg zwischen der Forderung eines möglichst großen Hubes und einer möglichst kleinen Bandbreite hat sich praktisch ein Frequenzhub von rund ± 500 Hz als zweckmäßig ergeben. Bild 13 zeigt sechs Empfänger für Frequenzumtast-Telegraphieverbindungen. Auf solchen Verbindungen läßt sich unmittelbar Fernschreibbetrieb durchführen, wobei die Zahl der durch Übertragungsstörungen bedingten fehlerhaften Zeichen meist unter 1 je 1000 liegt. Verschiedentlich werden Verfahren angewendet, mit denen sich eine erhöhte Sicherheit der Zeichenübertragung erreichen läßt. Besonders zu erwähnen ist das Verfahren nach Van Duuren [10], bei dem Telegraphierzeichen aus je 7 Stromschritten benützt werden. Von den möglichen Kombinationen werden nur solche verwendet, bei denen die Zahl der Zeichenschritte zur Zahl der Trennschritte im Verhältnis 3 : 4 steht. Damit ergibt sich die Möglichkeit, auf der Empfangsseite die Zeichen zu überprüfen und gegebenenfalls eine Wiederholung anzufordern.

Der Überseefunkdienst wird in Deutschland von zwei Stellen aus abgewickelt; für die Verbindung mit Nordamerika befinden sich die

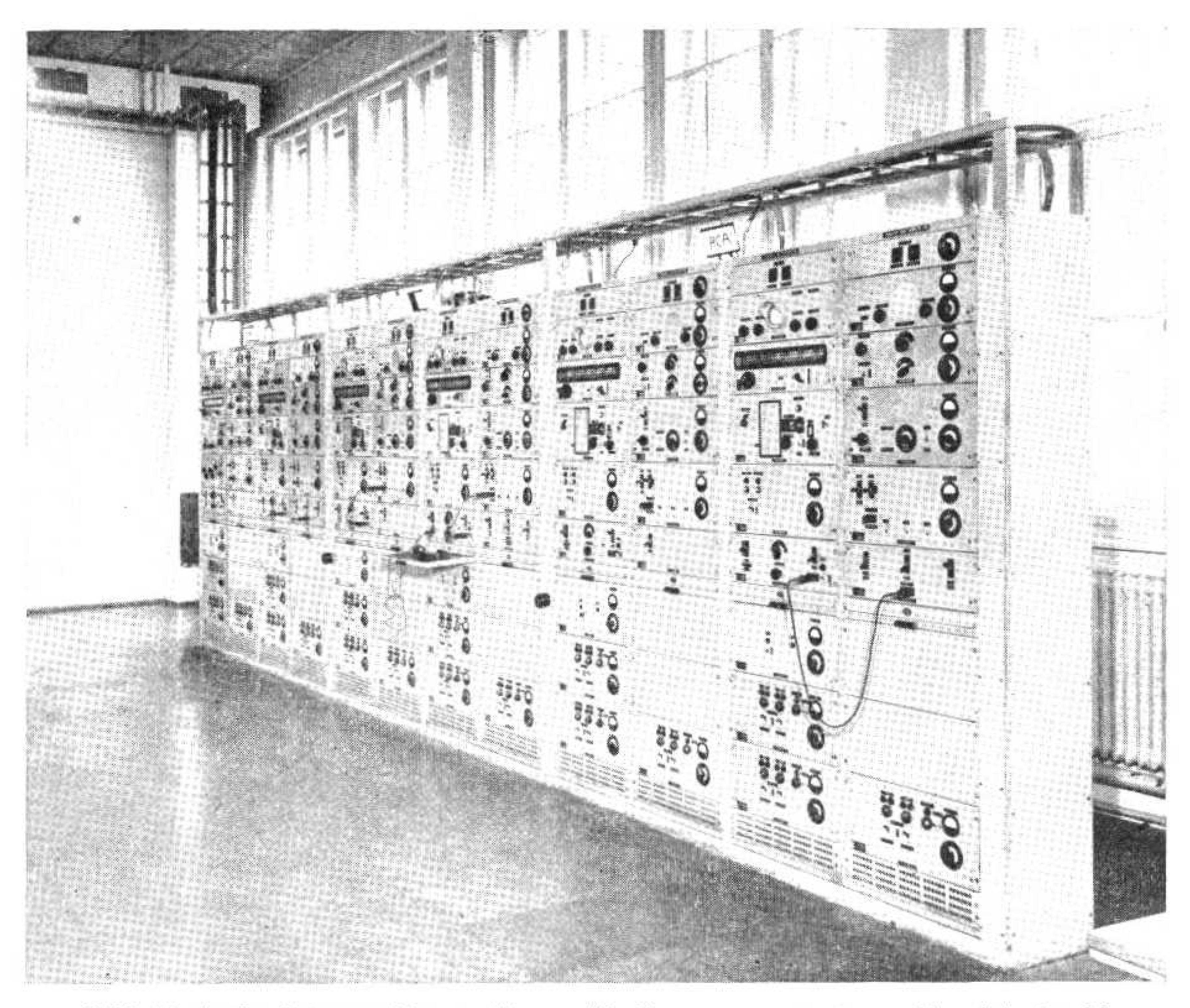


Bild 13. Sechs Telegraphieempfänger für Frequenzumtastung, Frankfurt a. M.

Sender in Bonames, die Empfänger in Eschborn, beide bei Frankfurt a. M. Für die Verbindungen mit Südamerika und anderen Stellen liegt die Endstation in Hamburg mit den Sendern in Elmshorn und den Empfängern in Lüchow. Die Verkehrsentwicklung der letzten Jahre geht aus der folgenden Übersicht (nach Angaben des Fernmeldetechnischen Zentralamtes) hervor.

	1949	1950	1951	
Funksprechdienst				
Nordamerika	52 000	48 000	57 000	Gespräche
Südamerika u. andere Stellen	1 000	2 600	4 700	Gespräche
Funktelegraphiedienst				
Nordamerika	240 000	350 000	470 000	Telegramme
Südamerika u. andere Stellen	120 000	220 000	600 000	Telegramme

4. Überseekabel für Fernsprechen

Das bemerkenswerteste Ereignis auf dem Gebiet der Tiefseefernsprechkabel bildet die Verlegung der mit Unterwasserverstärkern ausgerüsteten Kabel zwischen Florida und Kuba im Jahre 1950 [11].

Zur Übertragung von 24 Trägerfrequenz-Kanälen in dem Frequenzbereich zwischen 12 kHz und 108 kHz dienen zwei den beiden Sprechrichtungen zugeordnete konzentrische Kabel. Sie sind rund 220 km lang und enthalten je 3 Zwischenverstärker in Abständen von rund 70 km. Die größte Wassertiefe beträgt 1800 m. Die Kabelseele hat folgenden Aufbau: Der Innenleiter besteht aus einem Kupferdraht von 3,3 mm Durchmesser und drei darüberliegenden Kupferbändern von 0,37 mm Dicke und 3,8 mm Breite. Die Zwischenräume sind mit Polyäthylen ausgefüllt. Der Durchmesser dieses Innenleiters beträgt rund 4,1 mm. Darüber liegt eine Polyäthylen-Isolierung mit einem Außendurchmesser von 11,7 mm. Unmittelbar auf dieser Isolierung ist der Rückleiter aufgebracht, der aus 6 Kupferbändern von 0,41 mm Dicke und 6,1 mm Breite besteht. Darüber befinden sich Jutepolster und die Stahldrahtarmierung, die je nach der Wassertiefe verschieden ausgeführt sind. Bild 14 zeigt die Dämpfungskurve des Kabels. Die größte Verstärkerfelddämpfung beträgt 65 db bei 108 kHz.

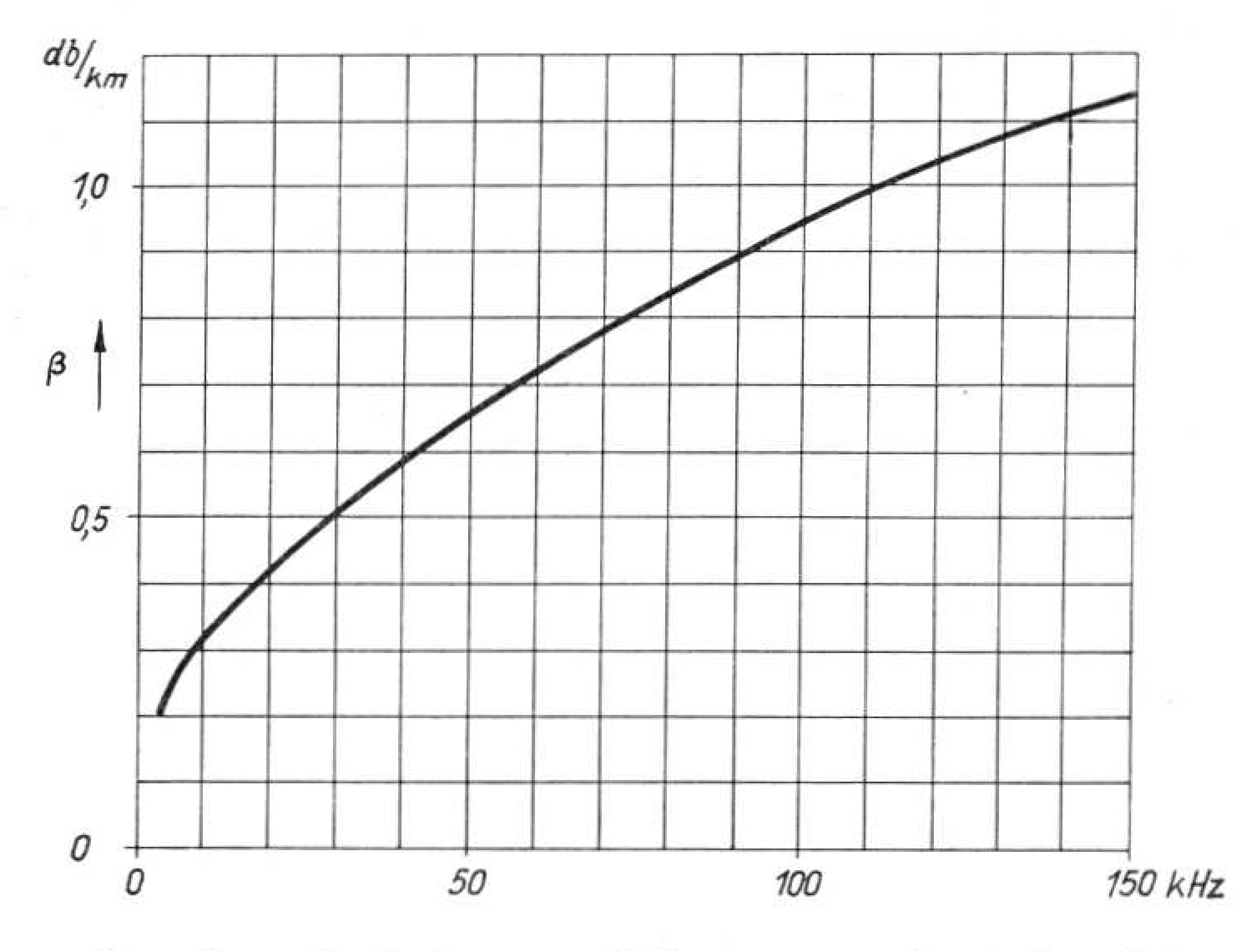


Bild 14. Dämpfung des Seekabels Key West-Havanna in Abhängigkeit von der Frequenz

In den Zwischenverstärkern werden Spezialpentoden hoher Lebensdauer verwendet. Die Spannung an den Heizern beträgt 20 Volt, der Heizstrom 0,25 Ampere, der Anodenstrom 1,5 Milliampere bei einer Anodenspannung von 40 Volt, die spezifische Kathodenbelastung ist also sehr gering. Die maximale Ausgangsleistung der Röhre ermöglicht bei 24 Sprechkanälen einen Ausgangspegel der Zwischenverstärker von — 6 bis — 8 db je Kanal. Der tiefste Kanalpegel auf dem Kabel ist daher — 73 db und liegt noch genügend hoch über dem Pegel des Wärmerauschens, der je Kabelabschnitt — 140 db beträgt.

Die Hauptprobleme der Zwischenverstärker werden durch die Anforderungen an die Lebensdauer der Röhren und der Bauelemente, durch

die erforderliche mechanische Festigkeit und durch die Stromversorgung gestellt. Die Widerstandsfähigkeit gegen die bei der Verlegung und durch den Wasserdruck bedingten mechanischen Beanspruchungen wurde durch den Einbau der Verstärker in langgestreckte, durch kurze Stahlringe gestützte Kupferrohre erreicht, die an beiden Enden sorgfältig abgeschlossen werden. Die Rohre haben Ansatzstücke, die den Durchmesserunterschied mit dem Kabel ausgleichen, sie erhalten zusammen mit dem Kabel eine durchgehende Armierung. Der ganze Verstärker erscheint so als eine biegsame Verdickung des Kabels (rund 7 cm Durchmesser gegenüber 2,5 cm) mit stetigen Übergängen und einer Gesamtlänge von etwas über 10 m. Die Stromversorgung der Verstärker erfolgt über die Kabel. Die Innenleiter sind zu diesem Zweck an dem einen Ende in Schleife geschaltet und werden am anderen Ende an die Versorgungsspannungen von + 250 bzw. — 250 V gegen Erde angeschlossen. Jeder Verstärker enthält 3 im Heizkreis hintereinander geschaltete Röhren und verbraucht daher eine Spannung von 60 Volt. Der Gleichstromwiderstand des Innenleiters beträgt rund 1,4 Ohm je km.

Da die Gleichspannungsbelastung der Kabel nicht weit über 250 Volt hinaus gesteigert werden kann, so ergibt sich eine enge Begrenzung für die in das Kabel einschaltbare Zahl von Zwischenverstärkern. Bei 3 Zwischenverstärkern entfallen 180 Volt auf die Heizspannung, so daß bei Speisung mit 250 Volt eine Spannung von 70 Volt für den Spannungsabfall auf dem Kabel zur Verfügung steht. Dieser ermöglicht eine Stromstärke von rund ¼ Ampere nur für eine Kabellänge von rund 200 km. Man erkennt, daß hier sehr enge Grenzen gezogen sind.

Die Überbrückung größerer Längen würde die Verwendung von Zwischenverstärkern mit wesentlich niedrigerem Leistungsverbrauch erfordern, wie die folgende Betrachtung genauer zeigt.

Nennt man R_1 den Widerstandsbelag des Kabels, l die gesamte Länge eines Kabels, s den Verstärkerabstand, N_1 den Leistungsverbrauch eines Zwischenverstärkers, I_1 den Speisestrom, so gilt für die Speisespannung eines Kabels

$$U = I_1 R_1 l + \frac{l}{s} \frac{N_1}{I_1}.$$

Die überbrückbare Kabellänge beträgt daher

$$l = \frac{U}{I_1 R_1 + \frac{1}{s} \frac{N_1}{I_1}}.$$

Sie hat ein Maximum, wenn der Leistungsverbrauch im Kabel gleich dem Leistungsverbrauch im Verstärker ist:

$$I_1 = \sqrt{\frac{N_1}{R_1 s}}.$$

Die größte überbrückbare Kabellänge wird damit

$$l = \frac{1}{2} U \sqrt{\frac{s}{R_1 N_1}}.$$

In Bild 15 ist für $R_1 = 1{,}4\ \Omega/\text{km}$, $U = 250$ Volt und $s = 60$ km sowie für $R_1 = 1{,}0\ \Omega/\text{km}$, $U = 300$ V und $s = 70$ km gezeigt, wie groß der Leistungsverbrauch eines Zwischenverstärkers bei den als Abszissen aufgetragenen Kabellängen höchstens sein darf. Bei Entfernungen, wie sie für transatlantische Verbindungen vorkommen, darf also der Leistungsverbrauch der Zwischenverstärker nur etwa $^1/_{100}$ der oben genannten Zahlen betragen. Dies ist eine beim heutigen Stand der Technik unerfüllbare Bedingung. Es ist denkbar, daß die Entwicklung der Kristallverstärker hier einen Lösungsweg zeigt.

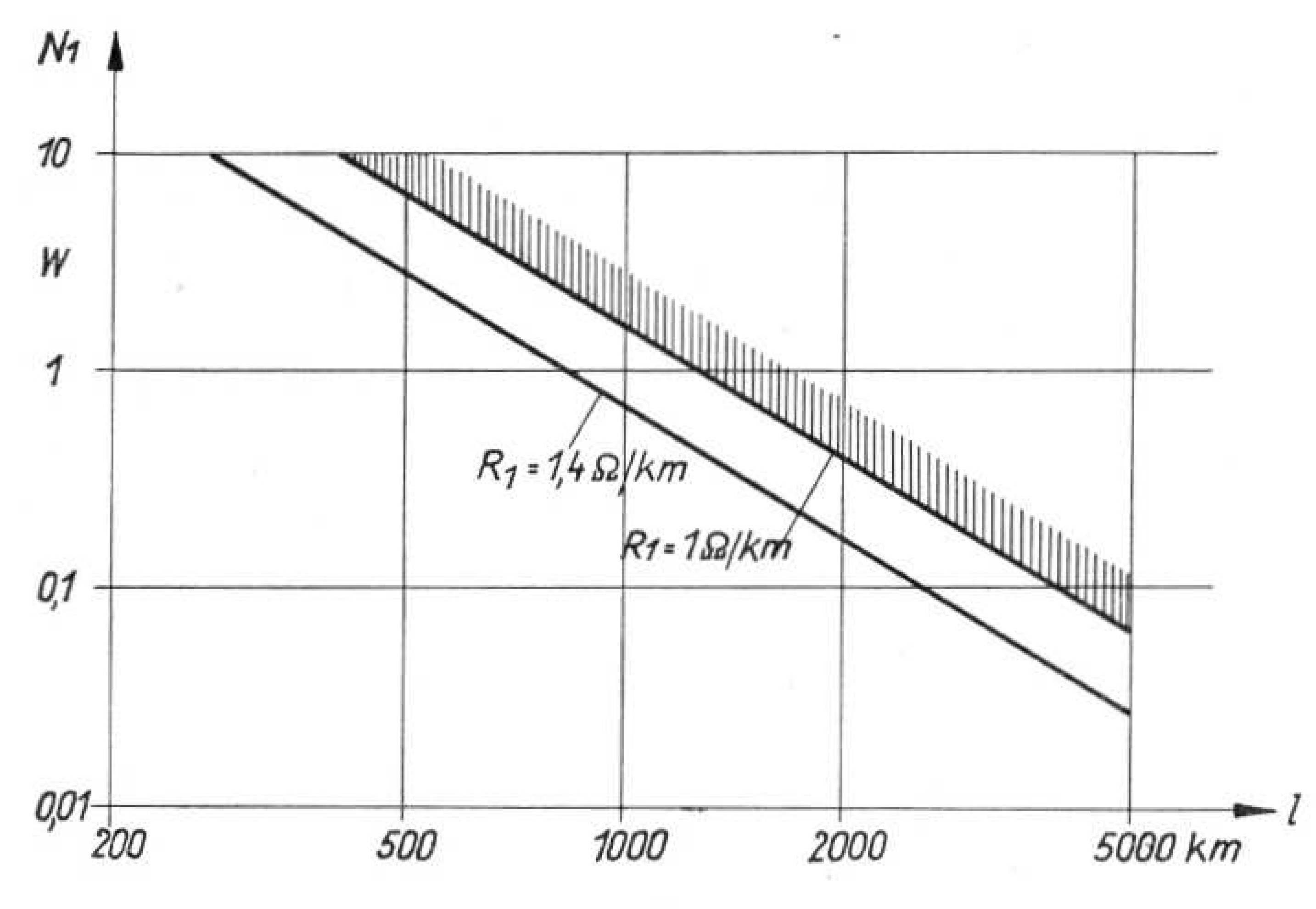


Bild 15. Höchstzulässiger Leistungsverbrauch N_1 eines Zwischenverstärkers in einem Seekabel von der Länge l

Die Einschränkung der Verstärkerleistung fällt weg, wenn die Speisespannung U erheblich über die bisher in der Seekabeltechnik als zulässig angesehenen Spannungen hinaus gesteigert wird. Die Durchschlagsfestigkeit von Polyäthylen liegt bei 40 kV/mm, die Durchschlagspannung eines solchen Kabels daher bei 80 kV. Bei einer Speisespannung von U = 6 kV beträgt die überbrückbare Länge bereits 4800 km.

Das Bestreben wird dahin gehen, die Verstärkerabstände s bei solchen langen Kabeln möglichst groß zu machen. Da aber die Dämpfung der Abschnitte mit Rücksicht auf den Störpegelabstand nicht wesentlich gesteigert werden kann, so bleibt nur die Reduktion der Grenzfrequenz, bis zu der die Kabeldämpfung durch die Verstärker aufgehoben wird. Damit liegt die Frage nahe, wie weit bei solchen Übertragungen das Frequenzband der Sprechströme eingeschränkt werden kann. Es ist bekannt, daß im Prinzip eine Einschränkung auf zwei verschiedenen Wegen möglich ist:

1. Durch Umformung der Sendeströme in solche mit einer größeren Zahl von Amplitudenstufen, d. h. durch Tausch zwischen Frequenzbandbreite und Geräuschabstand.
2. Durch Befreiung der Nachrichtenströme von allen Bestandteilen, die für den Nachrichteninhalt nicht wesentlich sind.

Der erste Weg führt bei Sprachübertragung rasch zu sehr hohen und praktisch unerfüllbaren Anforderungen an den Geräuschabstand. Von dem zweiten Weg wird in der gewöhnlichen Telephonie bereits durchweg Gebrauch gemacht, allerdings in einer primitiven Form, nämlich durch die Unterdrückung aller Schwingungen außerhalb des Bandes von etwa 3 kHz Breite. Man nimmt dabei in Kauf, daß gewisse Eigentümlichkeiten des Sprachklanges verloren gehen. Dies gilt in noch höherem Maße für alle bis jetzt bekannten Verfahren, die der weiteren Einschränkung des Nachrichteninhaltes dienen, wie z. B. beim sog. Vocoder [12]. Die Frage der Einschränkung des Frequenzbandes wird aber sehr stark in die Wirtschaftlichkeit von Überseefernsprechkabeln eingehen, und man wird eine Einbuße an Natürlichkeit der Übertragung, die über die der gewöhnlichen Fernsprechverbindungen hinausgeht, in Kauf nehmen können, wenn dadurch die Möglichkeit zur Schaffung neuer Verkehrswege erschlossen wird.

5. Schrifttum

1. O. E. Buckley: „The Future of Transoceanic Telephony" Journal of the Instit. of Electrical Engineers, **89**, 1942, 454.
2. H. F. Mayer und E. Hölzler: „Die Steigerung der Übertragungsgüte im Funksprechverkehr Berlin—New York". Jahrbuch des elektr. Fernmeldewesens 1940, S. 261; dort auch ältere Literaturangaben.
3. W. Kronjäger: „Überblick über den Stand des Übersee-Funkdienstes" FTZ **3**, 1950, 265.
   F. Ellroth: „Die Überseefunkeinrichtungen des Funkamtes Frankfurt" FTZ **3**, 1950, 346.
4. B. D. Holbrook und J. F. Dixon: „Load Rating Theory for Multi-Channel Amplifiers". Bell Syst. Techn. Journ., **18**, 1939, 624.
5. H. Sachse: „Die niederfrequenten Endeinrichtungen für eine neue Funksprechverbindung mit Übersee". Europäischer Fernsprechdienst 1939, 59.
6. W. Kloepfer: „Die Hochfrequenzeinrichtungen des Übersee-Funksprechverkehrs". VDE Fachberichte, **15**, 1951.
7. E. Hölzler und D. Leybold: „Einseitenband-Funkfernsprechverbindungen mit Übersee". Telefunken-Mitteilungen 1941, Heft 86, S. 50.
8. K. Reche, A. Arzmaier u. R. Zimmermann: „Verringerung der Fehleranfälligkeit drahtloser Telegraphiewege". Siemens Veröff. aus dem Gebiet der Nachrichtentechnik 9, 1939, Heft 1, 55.
9. J. R. Davey u. A. L. Matte: „Frequency Shift Telegraphy Radio and Wire Application". Bell Syst. Techn. Journ. **27**, 1948, 265.
   H. Pletscher: „Neuere Funktelegraphieverfahren". VDE Fachberichte, Band 13, 1949.
10. H. C. A. Van Duuren: „Teleprinting over Radio Circuits". Netherlands PTT Service, 1948.

W. Metzelaar: „Typendruck-Telegraphie mit automatischer Fehlerkorrektur über bestehende Multiplex-Verbindungen". Het PTT/Bedrijf, Band 2, 1948/1949.

11. J. J. Gilbert: „A Submarine Telephone Cable with Submerged Repeaters" Electr. Eng. 1951, 248; Bell Syst. Techn. Journ., **30**, 1951, S. 65.
E. M. Boardman: „Assembling the Submarine Amplifier". Bell Lab. Rec. **26**, 1951, S. 245.
W. M. Bishop: „The Key West-Havana Cable". Bell Lab. Rep. **26**, 1951, S. 324.
E. A. Veazie: „An Electron Tube for Submarine Repeaters". Bell Lab. Rec. **26**, 1951, 449.

12. K. O. Schmidt: „Ergebnisse und Aussichten zur Zusammendrängung des Frequenzbandes", Jahrb. des elektr. Fernmeldewesens, 1939.
H. Dudley: „The Vocoder". Proceedings of the Inst. of Radio Eng., **28**, 1940, 1

W. Nestel

Probleme der Rundfunkversorgung Westdeutschlands.[1])

In allen Ländern sind die Rundfunkgesellschaften bestrebt, jedem Hörer ihres Versorgungsgebietes den störungsfreien Empfang mindestens eines Rundfunkprogramms bei Tag und bei Nacht zu ermöglichen. Sie benutzten hierzu in den ersten 25 Jahren der Rundfunktechnik Wellen im Bereich von früher 1500 bis 550 kHz, jetzt 1610 bis 525 kHz. In diesem Frequenzband waren früher etwa 100 Rundfunk-Kanäle untergebracht. Nach der Konferenz von Atlantic City sind es 121. In Europa arbeiten aber rund 600 Rundfunksender. Eine lückenlose Rundfunkversorgung durch Mittelwellen ist deshalb selbst in den nach dem Kopenhagener Wellenplan gut bedachten Ländern nicht mehr möglich.

I. Mittelwellen-Rundfunkversorgung

Deutschland war auf der Kopenhagener Wellenkonferenz nicht vertreten. Die uns nach politischen Gesichtspunkten zugewiesenen, völlig unzureichenden Frequenzen verschlechterten 1948 die Rundfunkversorgung Deutschlands fühlbar.

Das Gebiet von Westdeutschland verfügte nach dem Luzerner Plan über 5 gute, 4 mittelgute und 1 schlechte Welle im Mittelwellenbereich. In Kopenhagen sind uns nur drei mittelgute und vier schlechte Wellen zugeteilt worden. Im Bereich des Nordwestdeutschen Rundfunks (NWDR) stehen hiervon nur eine mittelgute Welle und zwei schlechte Wellen zur Verfügung. Damit ist es auch bei bester Ausnutzung (durch Gleichwellenbetrieb mehrerer Sender auf jeder dieser wenigen Wellen und durch modernste Antennenkonstruktionen) nicht möglich, das Gebiet, für das der NWDR verantwortlich ist, auch nur annähernd zu versorgen. Hinzu kommt, daß durch die gleichzeitig auf diesen Wellen arbeitenden europäischen Sender und durch die starken Sender auf den Nachbarwellen als Grenzfeldstärken der noch als versorgt anzusehenden Gebiete nicht mehr wie früher 2 mV/m, sondern 4 mV/m, im Falle der internationalen Gemeinschaftswelle sogar 20 mV/m angesehen werden müssen. Die Versorgungsgebiete werden damit noch

1) Einige Abschnitte der folgenden Ausführungen sind der Arbeit „Erfahrungen mit dem Ultrakurzwellen-Rundfunk in Deutschland“, die der Verfasser für das Mitteilungsblatt des Europäischen Rundfunkvereins (Bulletin de l'U.E.R.) verfaßt hat, entnommen.

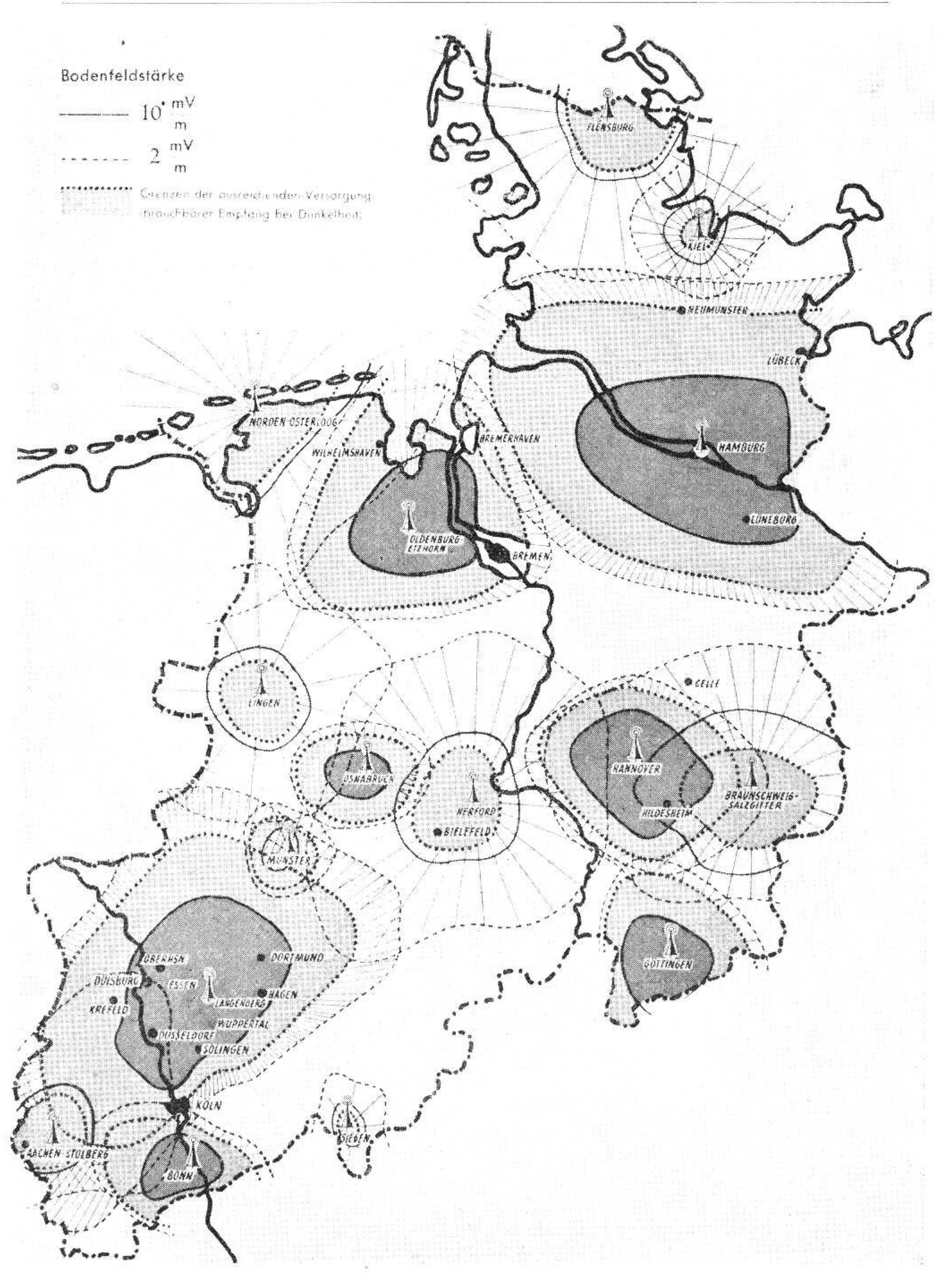


Bild 1. Mittelwellen-Versorgungsgebiete des NWDR

weiter verkleinert. Bild 1 zeigt, daß große Gebietsteile durch die Mittelwellen-Sender nicht mehr bestrichen werden. Für diese Beurteilung müssen die in diesem Bild mit enthaltenen, unten aufgeführten neuen Mittelwellen-Sender zunächst außer Betracht bleiben.

Ebenso ungüstig ist die Situation der übrigen westdeutschen Länder. Für Bayern, Württemberg, Hessen, Bremen und Berlin zusammen wurde in Kopenhagen nur eine mittelgute und eine schlechte Welle zur Verfügung gestellt. Dasselbe gilt für das Gebiet des Südwestfunks. Auch hier ist es nicht mehr möglich, durch Mittelwellen-Sender alle Gebietsteile zu versorgen.

Wegen der notwendigen Umstellungsarbeiten konnte der Kopenhagener Wellenplan erst am 15. März 1950 eingeführt werden, obwohl die Kopenhagener Konferenz bereits Ende 1948 stattgefunden hatte. In Westdeutschland war die Meinung, ob der Plan tatsächlich durchgeführt werde, geteilt. Der NWDR hatte vorsorglich durch den Bau neuer Mittelwellen-Sender versucht, die zu erwartende Verschlechterung so weit wie möglich auszugleichen. Um eine Mittelwellen-Rundfunkversorgung mit den ungünstigen Wellen doch noch zu erzwingen, ergab sich die Notwendigkeit, kleine Mittelwellen-Sender zu errichten. Der hierfür erforderliche Kostenaufwand wurde so groß, daß er auf drei Baujahre verteilt werden mußte. Die wichtigsten der neuen Sender standen jedoch schon zum Tag der Wellenumstellung zur Verfügung. Maßgebend für die Errichtung dieser neuen kleinen Sender war der Gedanke, daß die Versorgungsgebiete der bisherigen Hauptsender Hamburg, Langenberg und Hannover durch die ungünstigen neuen Wellen so weit verkleinert würden, daß die an der Peripherie der bisherigen Versorgungsgebiete liegenden Gegenden durch einen Kranz neuer kleiner Sender erfaßt werden sollten. Jede der drei verfügbaren Wellen mußte dazu gleichzeitig mit mehreren Sendern belegt werden, wobei durch sinnvolle Ineinanderschachtelung der drei Wellen erreicht wurde, daß die zu erwartenden Gleichwellen-Verwirrungsgebiete jeweils von einem oder von mehreren Sendern auf den beiden anderen Wellen versorgt werden. Durch diese Methode ist es gelungen, doch noch einen Teil der Gebiete wieder mit Mittelwellen-Rundfunk zu versorgen, die sonst durch die vom Kopenhagener Wellenplan verursachte Verschlechterung unversorgt geblieben wären. Das Netz neuer Mittelwellen-Sender, das der NWDR zu diesem Zweck errichten mußte, umfaßt die Sender:

Kiel,	Aachen,	Braunschweig,
Norden/Osterloog,	Bonn,	Herford,
Lingen,	Siegen,	Oldenburg,
Osnabrück,	Göttingen,	Münster.

Im Gebiet der anderen Rundfunkanstalten hoffte man noch bis zum 15. März 1950, der neue Wellenplan würde überhaupt nicht eingeführt werden. Als dann aber ganz Europa auf die neuen Wellen umstellte, errichtete man, ebenso wie beim NWDR, ein Netz von neuen kleinen

Mittelwellen-Sendern, um die verlorengegangenen Gebiete so weit wie möglich wieder zu erschließen. Es entstanden die neuen Sender:

Bayerischer Rundfunk:
Hof II,
Augsburg,
Regensburg,
Würzburg,
Weiden,
Landshut,
Schweinfurt,
Bayreuth,

Hessischer Rundfunk:
Fritzlar.

Süddeutscher Rundfunk:
Ulm/D.,
Bad Mergentheim,
Heidelberg.

Südwestfunk:
Sigmaringen,
Trier,
Wolfsheim,
Bad Dürrheim,
Reutlingen,
Ravensburg.

Radio Bremen:
Bremerhaven.

Die Situation auf dem Mittelwellen-Gebiet wird dadurch besonders erschwert, daß die Besatzungsmächte die beste nach dem Kopenhagener Wellenplan noch zur Verfügung stehende deutsche Mittelwelle dem in amerikanischen Händen befindlichen Sender RIAS zugewiesen und eine weitere, noch einigermaßen gute Welle durch die „Voice of America“ belegt haben.

Eine strenge Einhaltung des Kopenhagener Wellenplanes hätte die Zahl der versorgten Hörer auf weniger als die Hälfte herabgesetzt. Mit Zustimmung der Besatzungsmächte konnten allerdings einige der bestehenden und die größte Zahl der neuen Sender mit geringer Leistung auf zusätzliche Wellen gelegt werden, die nicht dem Kopenhagener Wellenplan entsprachen. So konnten doch noch verhältnismäßig große Versorgungsgebiete zusätzlich erschlossen werden.

Trotz dieser außergewöhnlichen Anstrengungen aller Rundfunkanstalten war es nicht möglich, eine lückenlose Überdeckung der Versorgungsgebiete zu erreichen. Alle Rundfunkanstalten sahen sich deshalb gezwungen, unverzüglich ein völlig neues System der Rundfunkversorgung einzuführen.

II. UKW-Rundfunkversorgung

Vor der Wahl des neuen Rundfunkversorgungs-Systems wurden beim NWDR gründliche Vorversuche mit verschiedenen Systemen durchgeführt, und zwar wurden erprobt:

a) Hochfrequenter Drahtfunk über Fernsprechleitungen;
b) Hochfrequenter Drahtfunk über Starkstromleitungen;
c) Kombination der Methoden a) und b);
d) Klein-Gleichwellen-Rundfunk (eine große Zahl von Gleichwellen-Sendern kleinster Leistung);
e) Kurzwellen-Rundfunk;
f) UKW-Rundfunk mit Amplitudenmodulation (AM);
g) UKW-Rundfunk mit Frequenzmodulation (FM).

Die Vorversuche ergaben die eindeutige Überlegenheit des Systems g), des UKW-Rundfunks mit Frequenzmodulation. Es wurde deshalb beschlossen, so schnell wie möglich ein Netz von UKW-Sendern aufzubauen, mit dem man das gesamte Versorgungsgebiet überdecken konnte.

Auch die Amplitudenmodulation (AM) ist, ebenso wie in einigen anderen Ländern, sehr ernsthaft in Erwägung gezogen worden. Aus nachstehenden Gründen entschied man sich jedoch eindeutig für die Frequenzmodulation:

1. Einfache Empfänger sind, wie sich aus der späteren Erörterung der Empfängerprobleme ergibt, für FM nicht teurer, nach Ansicht der Industrie sogar billiger als Empfänger für AM.
2. Hochwertige Empfänger für FM sind ebenfalls nicht teurer als die für AM, bieten aber zusätzlich die Möglichkeit, die Qualität durch Störungsbeseitigung mittels der Begrenzerschaltungen zu verbessern.
3. Zu dem durch einen Sender von gegebener Leistung sicher zu versorgenden Empfangsgebiet bei AM kommt ein Gebiet hinzu, in dem Empfang mit Hilfe hochwertiger Empfänger mit Begrenzerschaltungen möglich ist.
4. Bei AM sind die Aufwendungen im Empfänger zur Erzielung einer genügenden Frequenzstabilität größer als bei den sehr einfachen Frequenzmodulationsschaltungen.
5. Die Sender für FM sind billiger und betriebssicherer als die für AM.
6. Ein europäischer Wellenplan ist nur bei Anwendung von FM, nicht bei Benutzung von AM möglich, weil bei FM Empfang noch möglich ist bei einem Verhältnis Nutzsignal zu Störsignal von 5 : 1, während AM ein Verhältnis von 100 : 1 erfordern würde.

Die Qualität der Übertragung wird bei FM noch weiter verbessert, wenn man eine Vorverzerrung im Sender und eine Nachentzerrung im Empfänger anwendet. Hierfür wurde in Deutschland der Wert 50 Mikrosekunden in Übereinstimmung mit der in England gültigen, aber in Abweichung von der in Amerika gewählten Norm festgelegt. Auch für die Wahl dieses Wertes liegen sehr eindeutige Gründe vor.

Durch die Einführung des UKW-Rundfunks können die beiden Hauptschwierigkeiten der Rundfunkversorgung überwunden werden:

a) Versorgung von Gebieten, die mit Mittelwellen-Sendern nicht bestrichen werden können,
b) Versorgung aller Hörer mit einem z w e i t e n , mehr lokal oder landsmannschaftlich gestalteten Programm. Dieses kann gleichzeitig die Aufgabe eines Komplementär-Programms übernehmen zu dem durch den Gleichwellenbetrieb der Mittelwellen-Sender notwendigen Einheitsprogramm.

Diese beiden Gründe waren maßgebend für die Einführung des UKW-Rundfunks in Deutschland. Daß der UKW-Rundfunk daneben noch eine spürbare Qualitätsverbesserung der Rundfunkübertragung ergibt,

ist eine erwünschte Zugabe, war aber nicht eigentlich entscheidend für die Einführung dieses neuen Rundfunksystems.

Die Einführung des UKW-Rundfunks erforderte die Lösung zahlreicher neuer technischer Einzelprobleme. Es mußten Sender mit möglichst gutem Wirkungsgrad und unbedingter Betriebssicherheit für den Wellenbereich 100 MHz (3 m) entwickelt werden. Leistungsstufen von 0,25/1/3/10 kW wurden gewählt; die hierfür passenden neuen Röhrentypen mußten geschaffen werden. Bei der Planung der Sendernetze ging man davon aus, überall verhältnismäßig starke Sender zu errichten, um dem Hörer hohe Feldstärken zu liefern. Dadurch kam man auf der Empfangsseite mit

a) weniger teuren Antennen und

b) billigen Empfangsgeräten

aus, zwei für die schnelle Einführung des neuen Rundfunksystems wichtigen Argumenten.

Es wurde angestrebt, im Gesamtversorgungsgebiet Feldstärken von mehr als 1 mV/m (nach der internationalen Definition in 10 m Höhe über der Erde gemessen) zu liefern. In zweijähriger Entwicklungsarbeit ist im Senderbau auf diesem Gebiet ein Stand der Technik erreicht worden, der voll befriedigt. Für die neuen Sendertypen sind neue Kabelformen entwickelt worden, die zum Transport der HF-Leistung vom Sender zur Antenne dienen. Es ist gelungen, die Kabelverluste so niedrig zu halten, daß die Sender in vorhandenen Sendergebäuden aufgestellt und die Antennen trotz der dadurch bedingten großen Kabellängen auf vorhandenen Masten angebracht werden konnten. Es ist auch gelungen, einen Sendemast in einfacher Weise für Mittelwellen und Ultrakurzwellen gleichzeitig zu benutzen. Beim NWDR gibt es sogar Anlagen, bei denen ein Antennenmast zwei verschiedene Mittelwellen-Frequenzen (NWDR und BFN) und dazu noch eine UKW-Sendung ausstrahlt. An einem Verfahren, die gleichen Masten auch noch für die Ausstrahlung einer Fernseh-Bild- und Fernseh-Tonsendung zu benutzen, wird gearbeitet. Die entwickelten Antennentypen haben hohe Wirkungsgrade und ermöglichen jede gewünschte horizontale oder vertikale Charakteristik. Es ist allgemein üblich geworden, eine vier- bis achtfache vertikale Bündelung zu verwenden, weil sich diese im UKW-Bereich noch mit wirtschaftlichem Kostenaufwand ermöglichen läßt.

Die Wahl der Aufstellungsorte für die Sender ist weniger kritisch als man dies vor Beginn der Arbeiten am UKW-Rundfunk angenommen hatte. Überraschenderweise ist es sogar verhältnismäßig gleichgültig, ob — wie in den sehr flachen Teilen Norddeutschlands — nur 200 m Antennenhöhe durch Verwendung vorhandener Mittelwellen-Antennenmaste erzielt werden oder ob — wie in Süddeutschland — Berge von 1000 oder gar 2000 m Höhe zur Verfügung stehen. Die schattenfreie Ausbreitung im flachen Gebiet mit geringerer Höhe ergibt ebenso große Versorgungsgebiete wie die durch Schatten anderer Berge

verringerten Versorgungsgebiete der Sender mit großen Aufstellungshöhen. Die Tatsache, daß die Wahl der Aufstellungsorte nicht kritisch ist, hat im Bereich des NWDR dazu geführt, die meist vorhandenen Mittelwellen-Antennenmaste zu verwenden, die Höhen zwischen 100 und 200 m aufweisen.

Nach dem Internationalen Fernmeldevertrag von Atlantic City stehen die Wellenbereiche

41 bis 68 MHz
87,5 „ 100 MHz
176 „ 216 MHz

für Rundfunkzwecke zur Verfügung. Das letzte Band sollte wegen seiner Breite dem Fernsehen vorbehalten bleiben. Es mußte also zwischen dem ersten und zweiten Band gewählt werden. Aus folgenden Gründen fiel die Wahl auf das zweite Band:

1. Im ersten Band treten noch Oberwellen entfernter Kurzwellen-Sender störend auf.
2. Die von Kraftfahrzeug-Zündkerzen erzeugten Störungen im niedrigeren Frequenzband sind sehr viel störender als die im hohen Frequenzband. Der Unterschied ist so beträchtlich, daß dafür die etwas ungünstigeren Wellenausbreitungsverhältnisse in Kauf genommen werden können.
3. Die zu erwartende Beugung der Wellen ist im niedrigeren Frequenzband so gering, daß sich auch beim Eindringen in Täler und bei der Ausbreitung längs der gekrümmten Erdoberfläche keine nennenswerten Vorteile ergeben.
4. Im höheren Frequenzbereich durchdringen dagegen die Wellen Metallgitter mit einer bei Brücken oder bei Stahlskelettbauten häufig auftretenden Maschenweite besser als die Wellen des niedrigeren Bereiches.
5. Schattengebiete werden häufiger durch Reflexion als durch Beugungen versorgt. Bezüglich der Reflexionen ist aber der höhere Frequenzbereich günstiger.

Es war noch die Wahl zwischen horizontaler und vertikaler Polarisation zu treffen. Gewählt wurde die horizontale Polarisation aus folgenden Gründen:

1. Die Ausbreitung horizontal polarisierter Wellen ist in Bereichen schlechter Wellenausbreitung, z. B. in Städten, günstiger.
2. Die von Zündanlagen von Kraftfahrzeugen verursachten Störungen treten erheblich störender bei vertikal polarisierten als bei horizontal polarisierten Empfangsantennen auf.
3. Der Fall der günstigeren Wellenausbreitung der vertikalen Polarisation über Seewasser spielt im Bereich des NWDR keine Rolle.

Leider ist die Zahl der verfügbaren Wellen beschränkt. Die in Nichtfachkreisen verbreitete Ansicht von den „beliebig vielen verfügbaren Wellen" trifft nicht zu. Da man mit Rücksicht auf den Preis der Empfangsgeräte die Stabilität und die Trennschärfe nicht allzu hoch

treiben kann, gelangt man bei der für FM notwendigen Bandbreite zu einem Kanalabstand von 0,4 MHz. Der in Amerika übliche Kanalabstand von nur 0,2 MHz hätte teurere Empfangsgeräte zur Folge gehabt. Er wurde deshalb nicht gewählt. 0,4 MHz ergibt zudem die Möglichkeit, zu einem späteren Zeitpunkt doch noch auf den amerikanischen Kanalabstand überzugehen, falls dann trennschärfere Empfänger erhältlich sind. Damit stehen „nur" 31 Wellen in dem gewählten Bereich zur Verfügung, und es bedarf schon eines sehr sorgfältig ausgedachten Wellenplanes, wenn man ein großes Gebiet mit UKW versorgen will und dabei noch an die spätere Ausstrahlung eines 2. und vielleicht sogar eines 3. Programmes denkt. Diese Wellensituation ist eines der stärksten Argumente für die Wahl der FM. Es kann festgestellt werden, daß die verfügbaren Wellen bei vorsichtiger Verwendung voll ausreichen, um alle nur denkbaren Rundfunk-Versorgungsaufgaben in Europa zu lösen. Irgendeine Benachteiligung der Nachbarländer durch die Belegung des Wellenbandes mit starken Sendern entsteht nicht. Umgekehrt kann eine große Zahl von FM-Rundfunksendern in den Nachbarländern errichtet werden, ohne daß gegenseitige Störungen zu erwarten sind. Allerdings sind hierfür Verabredungen über die Betriebswellen erforderlich[1]).

Über die Frage der Wellenausbreitung bestanden zwei besonders ungünstige vorgefaßte Meinungen, die beide glücklicherweise durch die Erfahrungen berichtigt wurden. Die erste ist die immer wieder mit Bedauern geäußerte Feststellung, daß diese Wellen „nur" Reichweiten ergäben, die der optischen Sicht entsprächen. Im Bereich des NWDR gibt es nicht einen einzigen Mittelwellen-Sender, der so weit reichte, wie es der optischen Sicht von der Mastspitze aus entsprechen würde. Eine Reihe von Mittelwellen-Sendern weisen nur die Hälfte oder ein Drittel dieser Reichweite auf, und es wäre ein sehr glücklicher Umstand, wenn erreicht werden könnte, daß heute Mittelwellen so weit reichten, wie es der optischen Sicht entspräche.

Demgegenüber ist der Versorgungsbereich eines UKW-Senders sehr viel größer. Nach den Erfahrungen kann mindestens mit einer Reichweite gerechnet werden, die 20 % (häufig sogar 40 %) größer ist, als es der optischen Sicht entspricht. Wie groß diese Reichweite tatsächlich ist, ergibt sich aus folgendem Beispiel:

Optische Sicht von der Spitze eines 200-m-Mastes	50 km,
Sicher erzielte größere Reichweite 20 %	10 „
Optische Sicht von einer 10 m hohen Empfangsantenne einschließlich 20 % Zuschlag	13 „
Radius des Versorgungsgebietes also	73 km.

Dies ist sehr viel mehr, als viele Mittelwellen-Sender mit den in Westdeutschland verfügbaren ungünstigen Wellen ermöglichen.

1) Inzwischen fand hierfür die Europäische Rundfunkkonferenz in Stockholm statt.

Das zweite bestehende Vorurteil bezog sich auf die angeblich für Empfang unbrauchbaren Schattengebiete. Die Erfahrung hat gezeigt, daß zwar Schatten auftreten, daß diese Schatten jedoch nur grau und niemals schwarz sind. In Zahlen ausgedrückt, tritt hinter einem Gebäude oder hinter einem Berg eine Abschwächung im Verhältnis 4 : 1 auf, aber nicht im Verhältnis 4 : 0. Infolge der allgemein angestrebten hohen Empfangsfeldstärken besteht die Sicherheit, daß auch in Schattengebieten noch immer ohne Schwierigkeiten Empfang möglich ist. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch das Verhältnis der Feldstärken in den verschiedenen Stockwerken von Wohnhäusern. Bild 2 zeigt, daß auch im untersten Stockwerk noch brauchbare Feldstärken auftreten und daß das Verhältnis der oberen zu den unteren Stockwerken nicht sehr ungünstig ist.

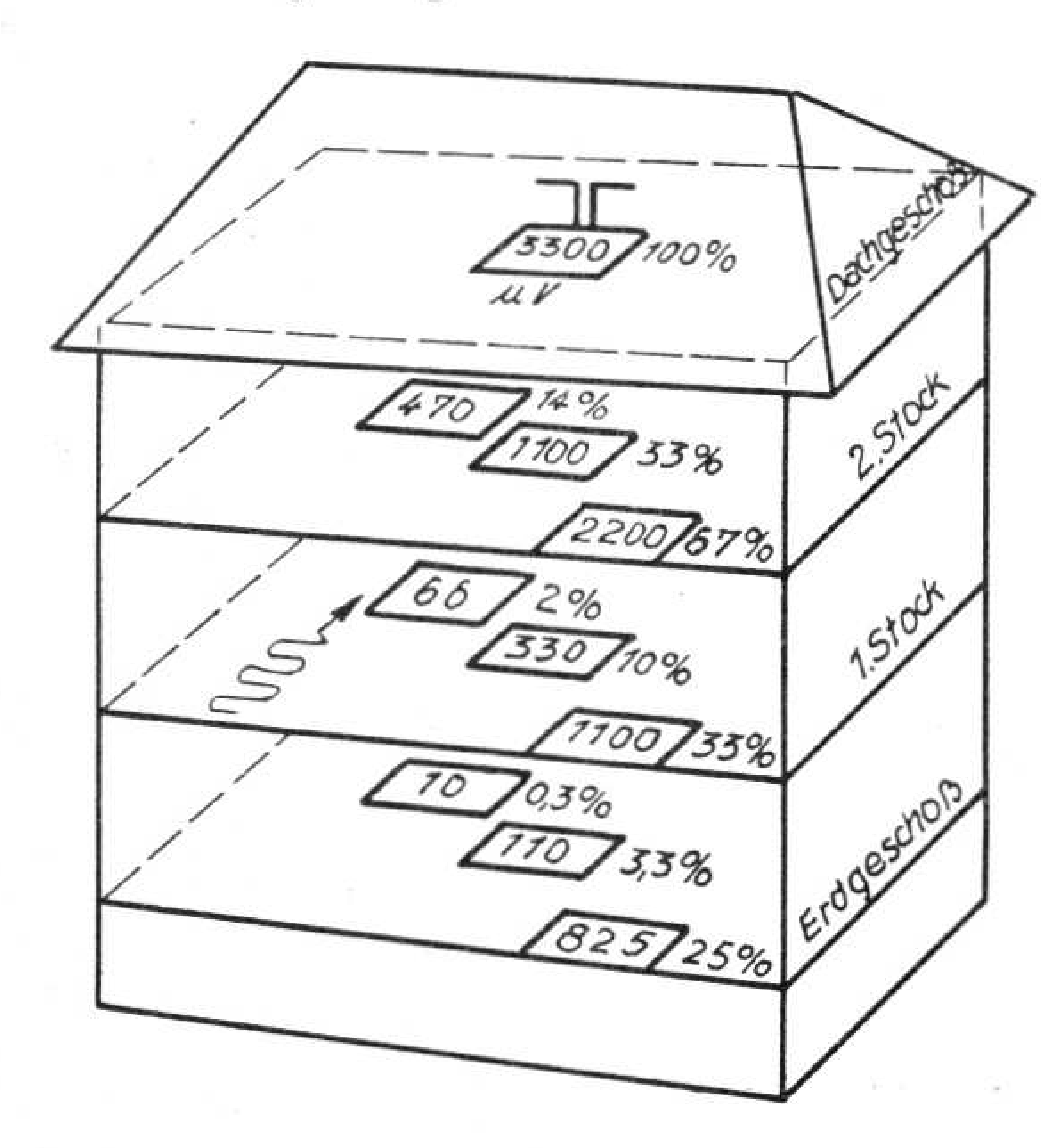


Bild 2. Signalstärken in Mikrovolt, die in einem Gebäude zu erwarten sind. Als Grundlage ist im Dachgeschoß eine Signalstärke von 3000 μV (gleich 100 %) angenommen

Sehr anschaulich gehen die Schattenverhältnisse aus einer am Sender Hannover aufgenommenen Ausbreitungskurve (Bild 3) hervor. Das Gelände von Hannover nach Norden ist sehr flach, die Ausbreitung verläuft dort nach der ungestörten gestrichelten Kurve. Die Ausbreitung nach Südwesten wird durch einige Höhenzüge beeinflußt. Die Kurve zeigt den außerordentlichen Feldstärkegewinn mit zunehmender Höhe, zeigt aber außerdem, daß die durch die Höhenzüge verursachten Schatten keinesfalls stören. In diesem speziellen Fall treten hinter dem Höhenzug sogar noch ebenso große Feldstärken auf wie bei ungestörter Ausbreitung, da das Gelände dort etwas höher ist als das Gelände in der Umgebung des Senders.

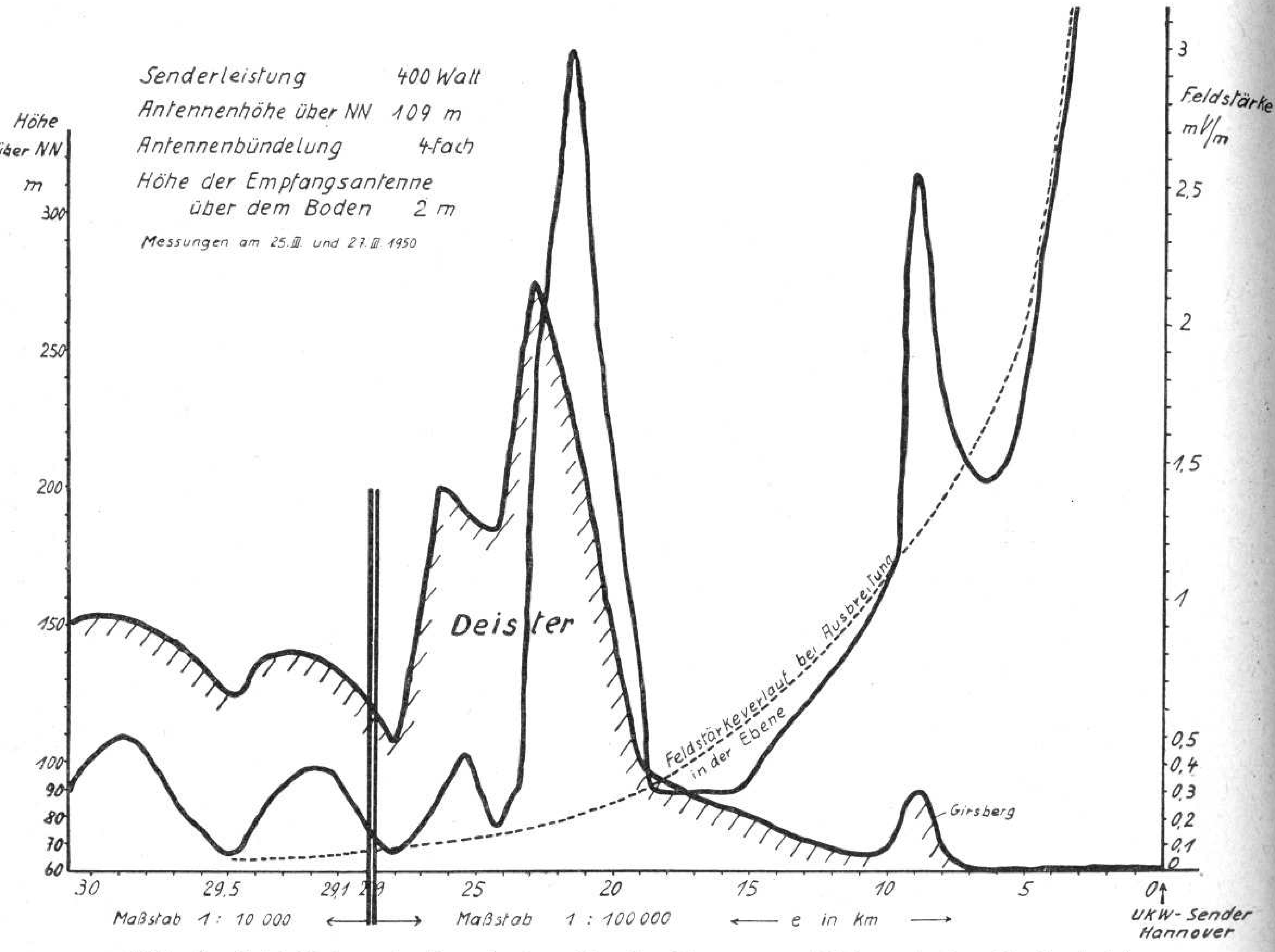


Bild 3. Feldstärkeverlauf auf der Strecke Hannover (Pädagogische Hochschule) - Nienstedt - Beber.

Andere Beispiele für die erzielten Feldstärkewerte sind in den Bildern 4 und 5 dargestellt. Auch diese Ausbreitungsbilder zeigen, wie große Flächen mit einem Sender erfaßt werden können und wie die Feldstärkeunterschiede innerhalb des Versorgungsgebietes sich in durchaus erträglichen Grenzen halten.

In den Gesprächen und Veröffentlichungen über den UKW-Rundfunk weisen die Rundfunkgesellschaften auf drei Empfangszonen hin:

Zone a) mit mehr als 50 mV/m erlaubt die Benutzung sehr billiger Empfänger und sehr billiger Antennen (Innenantennen).

Zone b) mit mehr als 5 mV/m, aber weniger als 50 mV/m, benötigt entweder eine bessere Antenne oder einen besseren Empfänger.

Zone c) mit mehr als 1 mV/m, aber weniger als 5 mV/m, benötigt sowohl einen guten Empfänger als auch eine gute Antenne.

Die Wahl der Aufstellungsorte der Sender in der Nähe der Bevölkerungsschwerpunkte führt dazu, daß ein sehr hoher Prozentsatz der Hörer zur Zone a) gehört, so daß für alle diese Hörer die billigste Empfangsmöglichkeit besteht. Die Zahl der Hörer in Zone c) kann verhältnismäßig gering gehalten werden.

Aus diesen Überlegungen entstand der Gesamtplan für das NWDR-UKW-Sendernetz des Bildes 6. Mehr als die Hälfte der eingezeichneten Sender sind bereits in Betrieb. Bis Mitte 1952 wird der Aufbau des Netzes abgeschlossen sein. Die UKW-Sendernetze aus den anderen Gebieten Westdeutschlands sind aus den Bildern 7 und 8 zu ersehen. Die Abbildungen ergeben einen Eindruck von der guten Überdeckung, die angestrebt und auch praktisch erreicht wird.

Für die Empfangsantennen bestand das Vorurteil, daß teure Außenantennen unerläßlich seien. Die bei den Senderplanungen vorgesehenen hohen Feldstärken zusammen mit den auch schon bei einfachen Empfangsgeräten vorliegenden guten Empfindlichkeitswerten ermöglichen jedoch in vielen Fällen einwandfreien Empfang mit Innenantennen. Häufig haben die Empfangsgeräte auch Antennen, die in das Gehäuse des Gerätes eingebaut sind. Besonders wird im Bereich des NWDR eine Zwischenlösung zwischen Innenantenne und Dachantenne empfohlen, die sogenannte Fensterantenne (Bild 9). Außerhalb eines Gebäudes in geringem Abstand vor dem Fenster herrschen bereits höhere Feldstärken als in den Zimmern. Diese Erhöhung der aufgenommenen Empfangsspannung ist meist für guten Empfang ausreichend, sicher in der Zone b), meist aber auch noch in der Zone c). Diese noch verhältnismäßig billige Antennenart macht die teurere Dachantenne vielfach entbehrlich.

Entscheidend für den UKW-Rundfunk ist die Frage, ob es gelingt, die Hörer mit Empfangsgeräten zu versorgen. In Deutschland verhielten sich Industrie und Handel zunächst ablehnend und wiesen auf die hohen Kosten der Empfangsvorsatzgeräte und der kompletten Empfangsgeräte hin. Nachdem sich die Industrie endlich mit der praktischen Empfängerentwicklung befaßt hatte, wurden sehr schnell Wege gefunden, die zu so einfachen und billigen Lösungen führten, daß geradezu ein Wettlauf in der Bereitwilligkeit der Förderung des UKW-Rundfunks auch auf Seiten der Industrie und des Handels einsetzte.

Man erkannte, daß die von den Sendern angebotenen hohen Empfangsfeldstärken in der weitaus größten Zahl der Fälle keine Begrenzerschaltungen erforderten. Nach den in Amerika üblichen Gedankengängen ist UKW-Empfang mit FM notwendigerweise verknüpft mit Begrenzer- und Diskriminatorschaltungen, die noch Empfang bei nur wenigen Mikrovolt Eingangsspannung ermöglichen, die aber einen hohen Aufwand an Röhren und Einzelteilen erfordern. Die Loslösung von diesem amerikanischen Gedankengang führt zu zwei ganz einfachen Empfangsschaltungen, die nicht ein einziges Einzelteil mehr benötigen als AM-Schaltungen. Es sind dies: (Forts. S. 351).

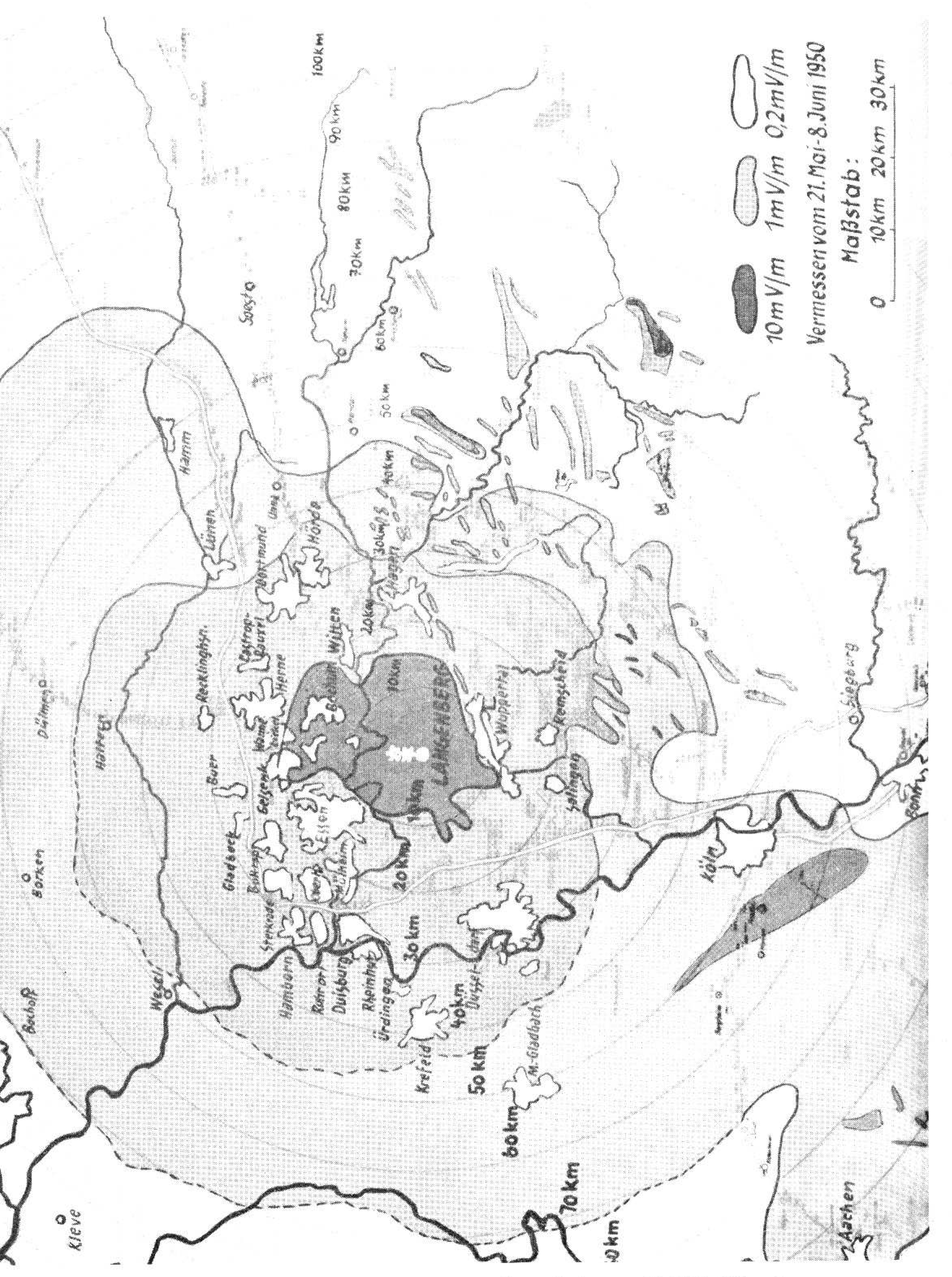


Bild 4. UKW-Feldstärkekurven Sender - Langenberg. Leistung: 10 kW, Höhe der Sendeantenne: 174 m, über NN: 439 m, Höhe der Empfagsantenne: 2 m

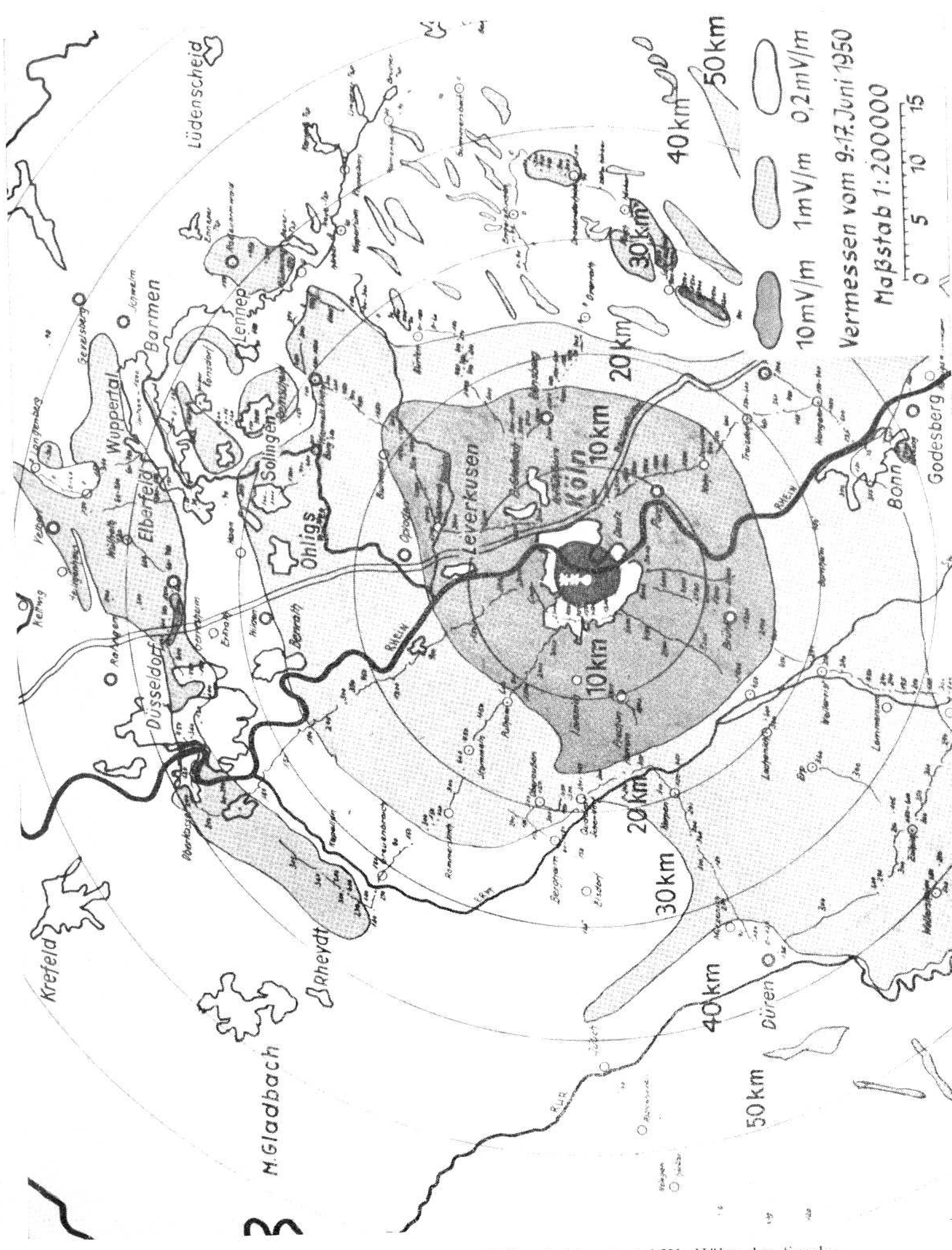


Bild 5. UKW-Feldstärkekurven Sender - Köln. Leistung: 1 kW, Höhe der Sendeantenne: 83 m, über NN: 133 m, Höhe der Empfangsantenne: 2 m

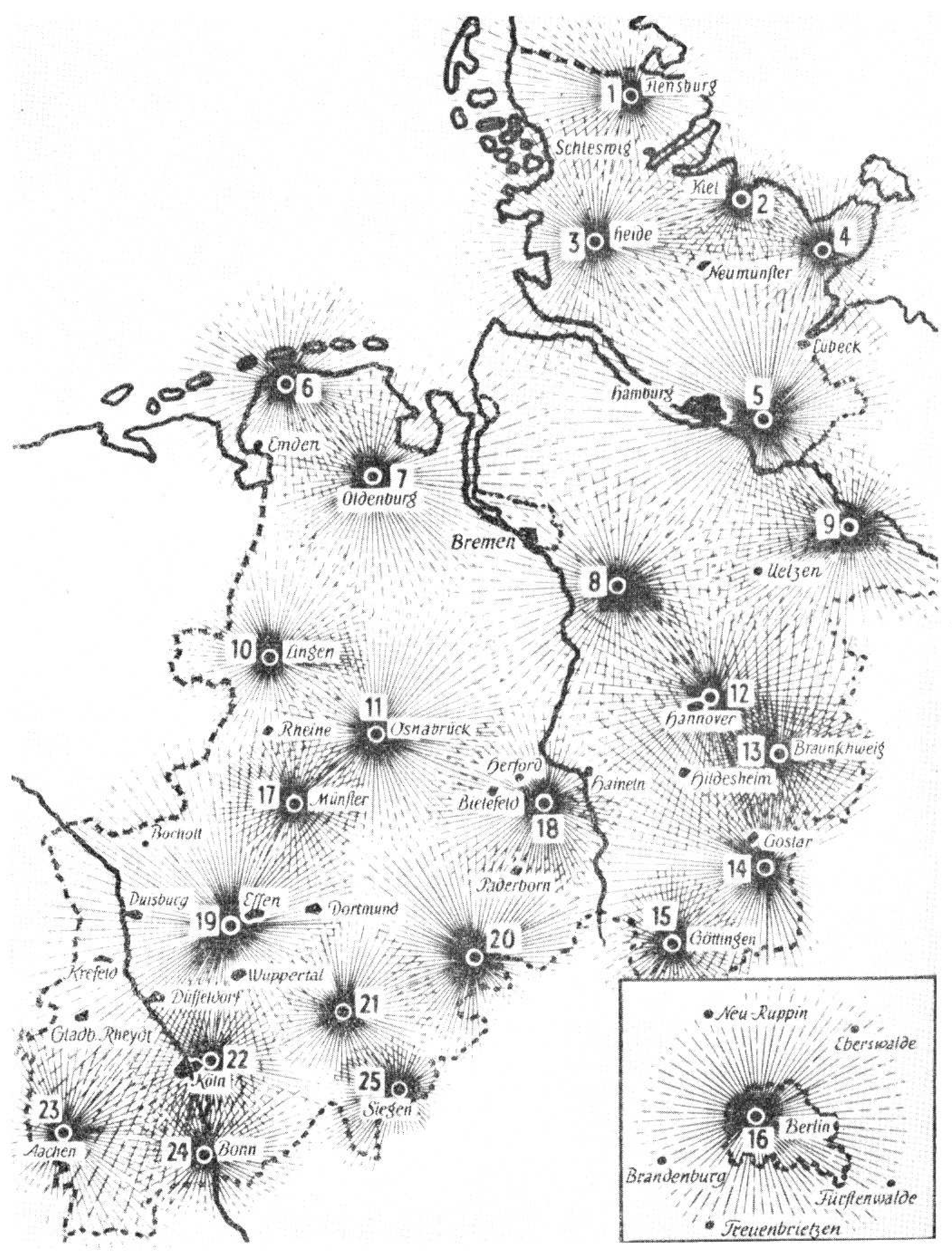


Bild 6. Ultrakurzwellenversorgung des Nordwestdeutschen Rundfunks nach dem Stand vom 1. Januar 1952 (Erläuterung hierzu Seite 350)

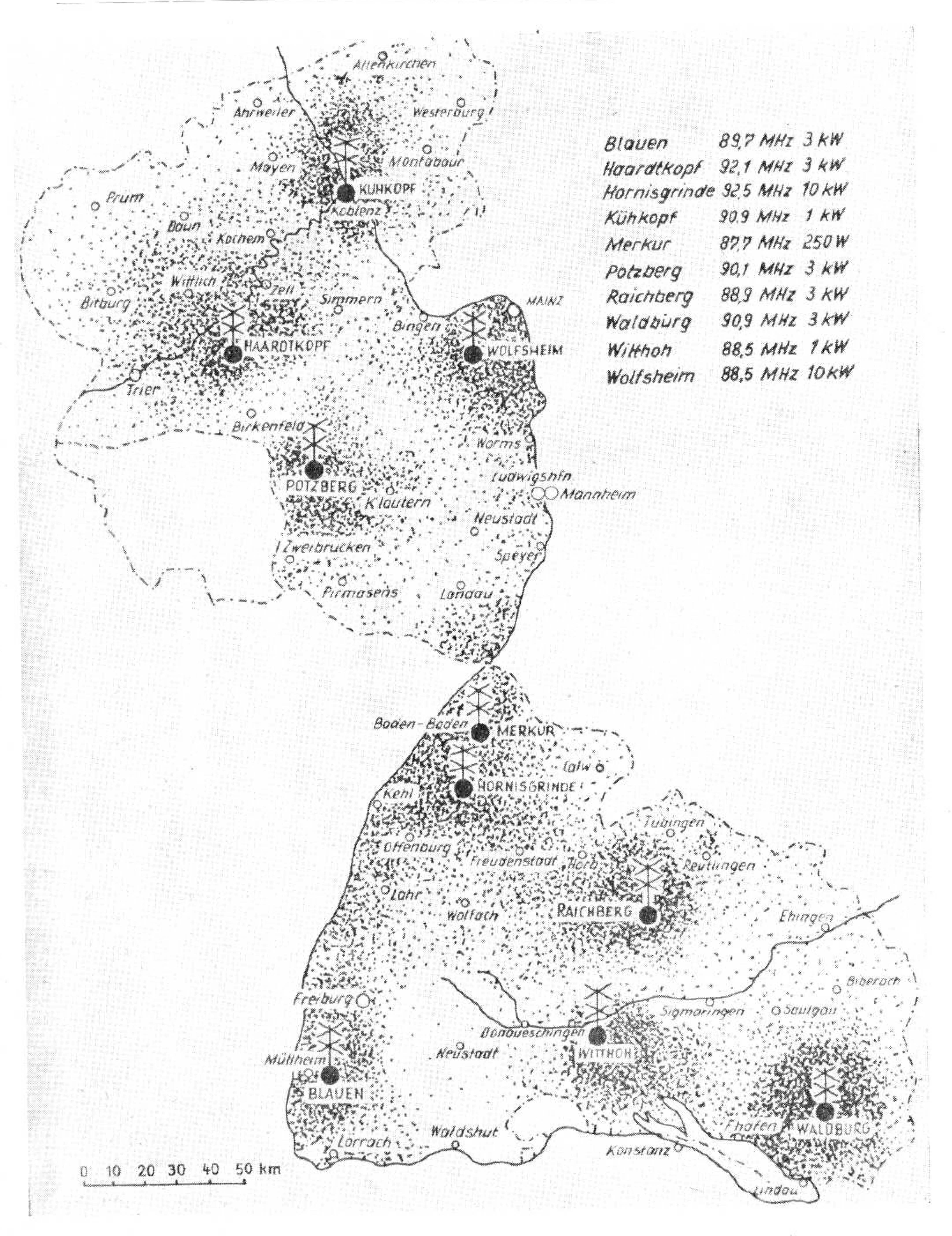


Bild 7. Südwestfunk UKW-Sender

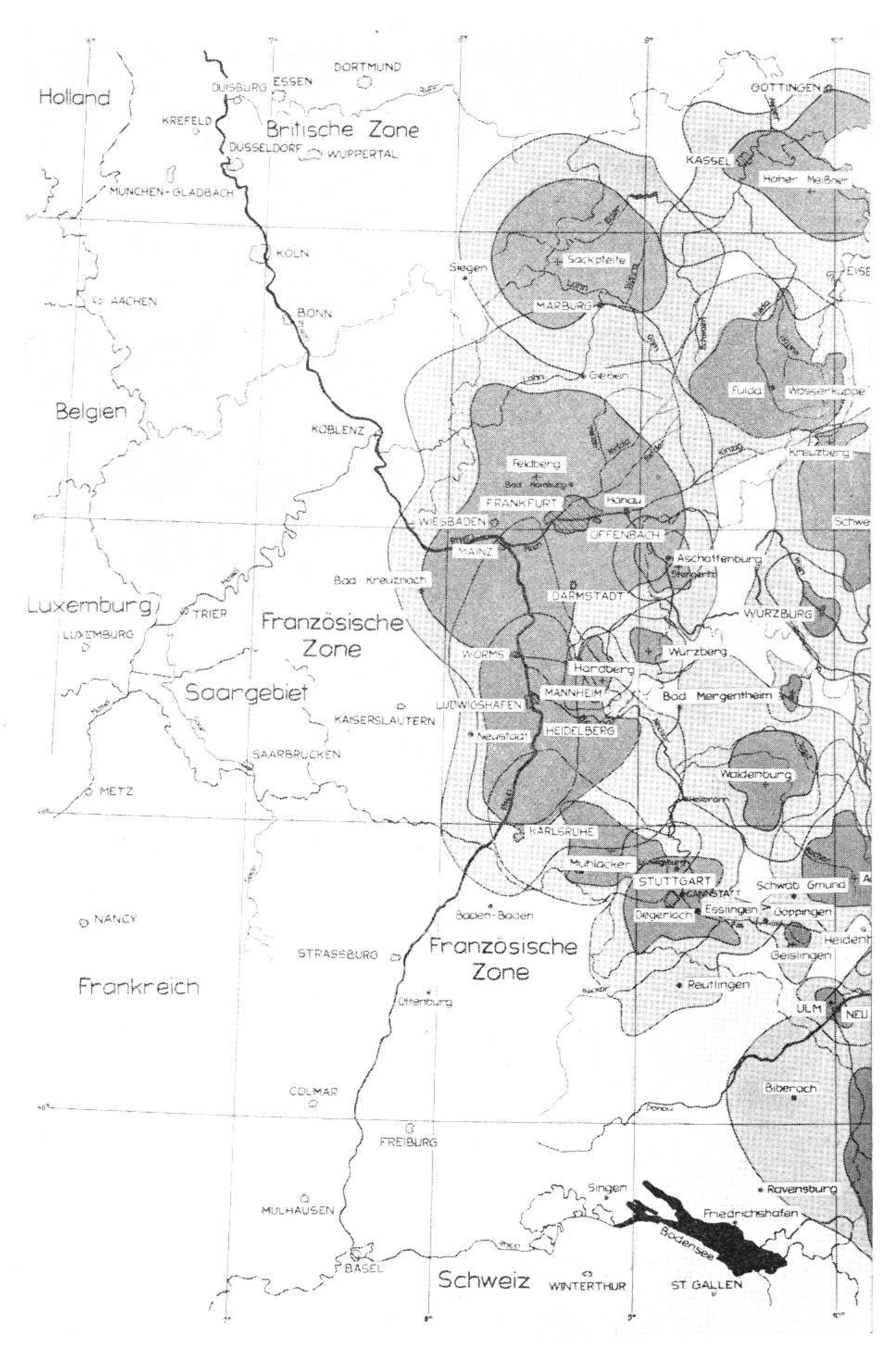


Bild 8. Versorgungsgebiete der UKW-Sender in der amerikanischen Zone (West)

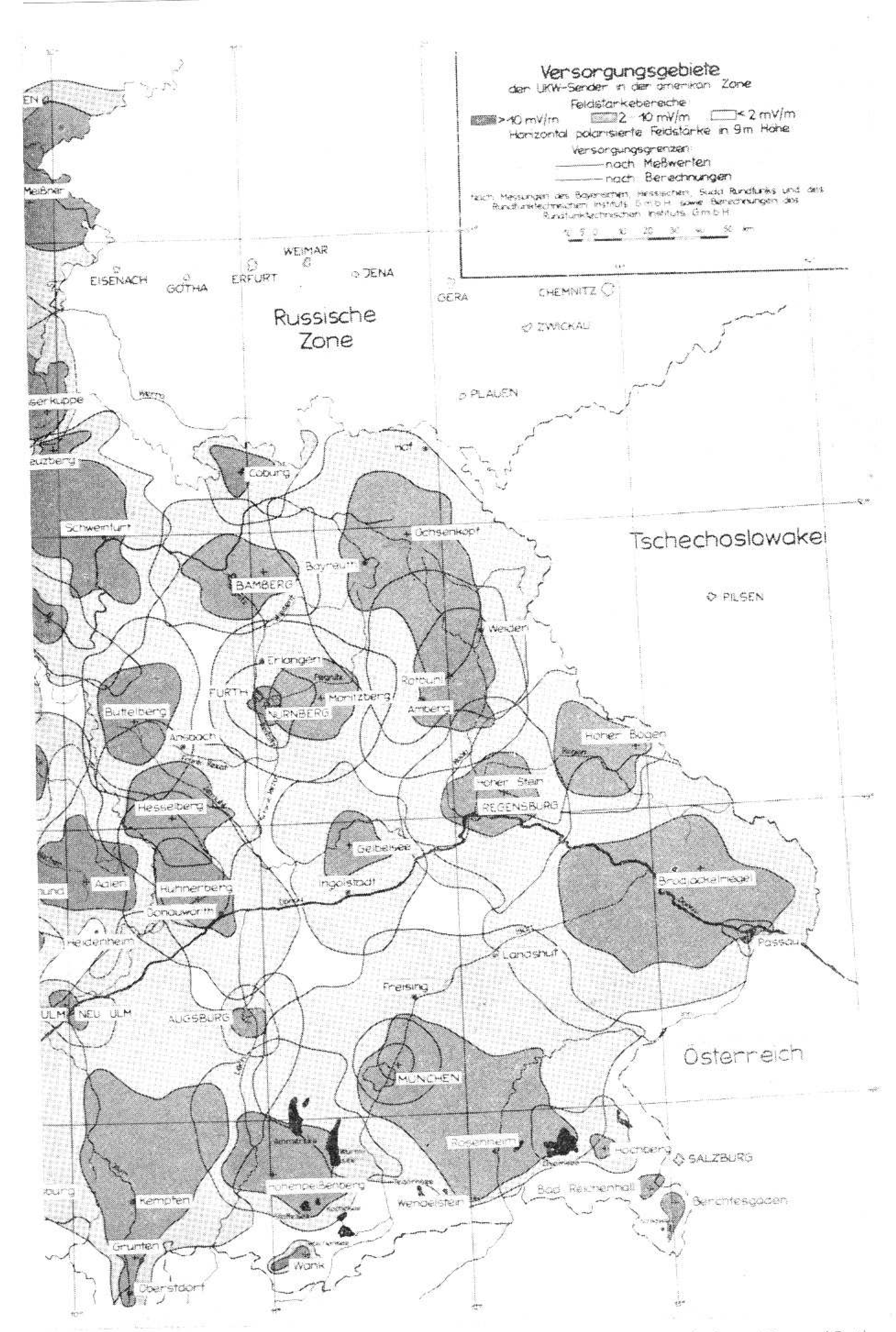


Bild 8. Versorgungsgebiete der UKW-Sender in der amerikanischen Zone (Ost)

Erläuterung zu Bild 6 (S. 346)

UKW-Programm Nord:

1. Flensburg
2. Kiel
3. Heide
4. Bungsberg
5. Hamburg
6. Norden (Ostfriesland)
7. Oldenburg
8. Verden (Aller) (geplant)
9. Dannenberg (geplant)
10. Lingen
11. Osnabrück
12. Hannover
13. Braunschweig
14. im Gebiet des Harzes (geplant)
15. Göttingen
16. Berlin

UKW-Programm West:

17. Münster
18. Teutoburger Wald
19. Langenberg
20. Kahler Asten (geplant)
21. Nordhelle
22. Köln
23. Aachen-Stolberg
24. Bonn
25. Siegen

Für das Gebiet der Lüneburger Heide sind zwei UKW-Sender in den Gebieten von Verden bzw. Dannenberg geplant, ferner ein Sender im Harzgebiet. Die genauen Standorte liegen zur Zeit noch nicht fest. Später noch vorhandene Lücken sollen durch weitere kleine Sender aufgefüllt werden.

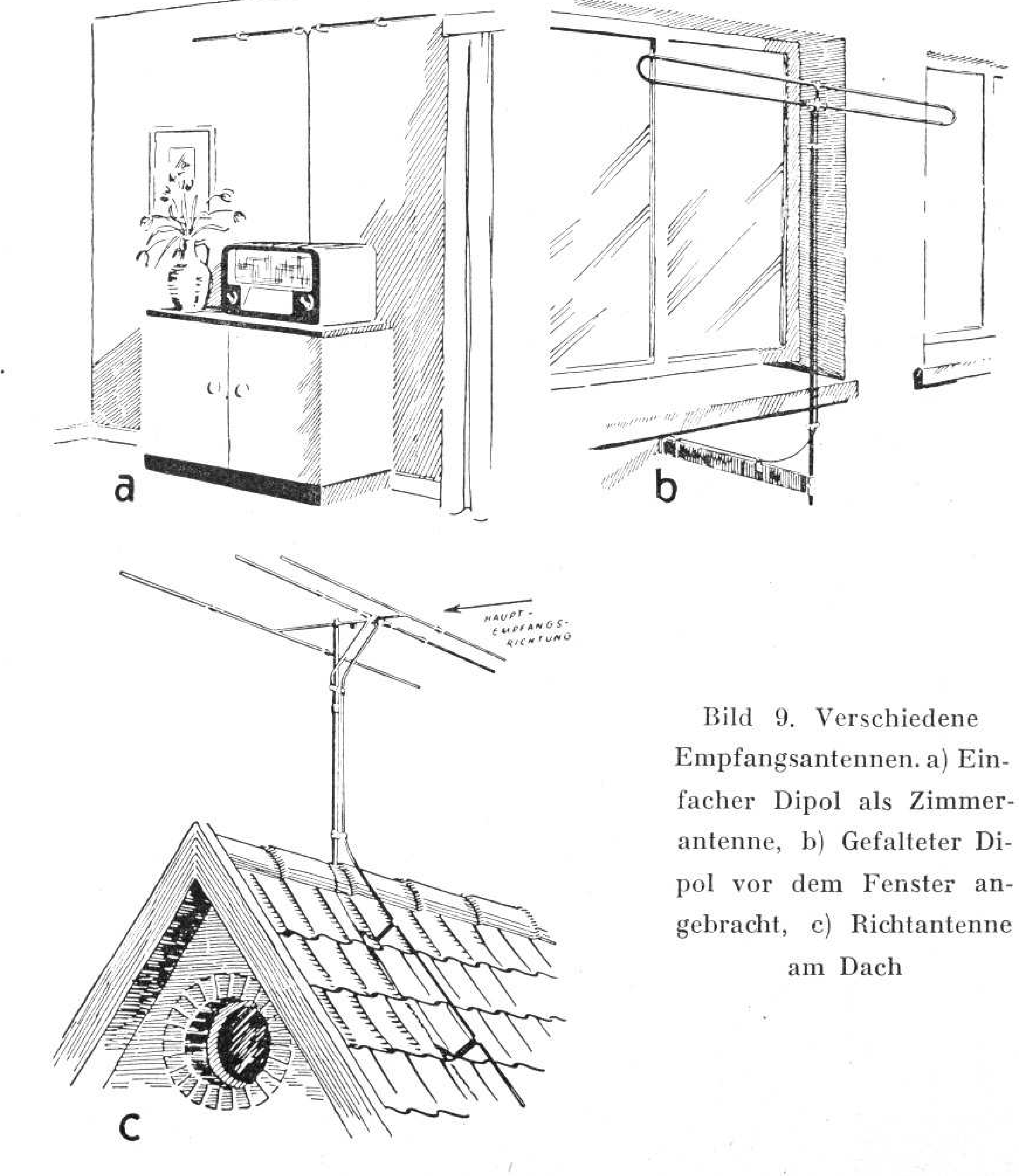


Bild 9. Verschiedene Empfangsantennen. a) Einfacher Dipol als Zimmerantenne, b) Gefalteter Dipol vor dem Fenster angebracht, c) Richtantenne am Dach

1. die Superregenerativ-Schaltung,
2. die Frequenz-Demodulations-Schaltung mit Hilfe einer Diode auf der Flanke eines Abstimmkreises.

Der billigste Typ von Empfangsgeräten und der billigste Typ von Vorsatzgeräten benutzen die Superregenerativ-Schaltung. Dabei sind von den Rundfunkgesellschaften in Zusammenarbeit mit der Bundespost sehr strenge Bestimmungen darüber erlassen worden, daß die in der Superregenerativ-Schaltung erzeugte Störstrahlung nicht in den Antennenkreis gelangen darf. Hieraus sind Zwei-Röhren-Schaltungen entstanden (die beiden Röhrensysteme, eine Pentode und eine Triode, sind in einem Röhrenkolben untergebracht), von denen das eine Röhrensystem mit unabgestimmten Gitterkreis lediglich zur Trennung von Antenne und eigentlicher Empfangsröhre dient. Es unterdrückt damit die Störstrahlung und unterdrückt den Einfluß des Antennenkreises auf den Hauptabstimmungskreis. Die eigentliche Empfangsschaltung besteht dann aus einer gewöhnlichen Triode in Superregenerativ-Schaltung. Die Erzeugung der Hilfsfrequenz wird auch bei schwankender Netzspannung völlig beherrscht. Hinter die Superregenerativ-Schaltung wird dann das aus einem Kondensator und einem Widerstand bestehende niederfrequente Nachentzerrungsglied geschaltet. Die Ausgangsspannung dieser Ein-Röhren-Geräte genügt zur Aussteuerung des in vorhandenen Empfängern enthaltenen Niederfrequenz-Verstärkers. Die Empfindlichkeit solcher einfacher Schaltungen liegt bei 0,1 mV Eingangsspannung, das heißt, bei dieser Spannung wird das bei Superregenerativ-Schaltungen im Leerlauf hörbare Rauschen genügend unterdrückt.

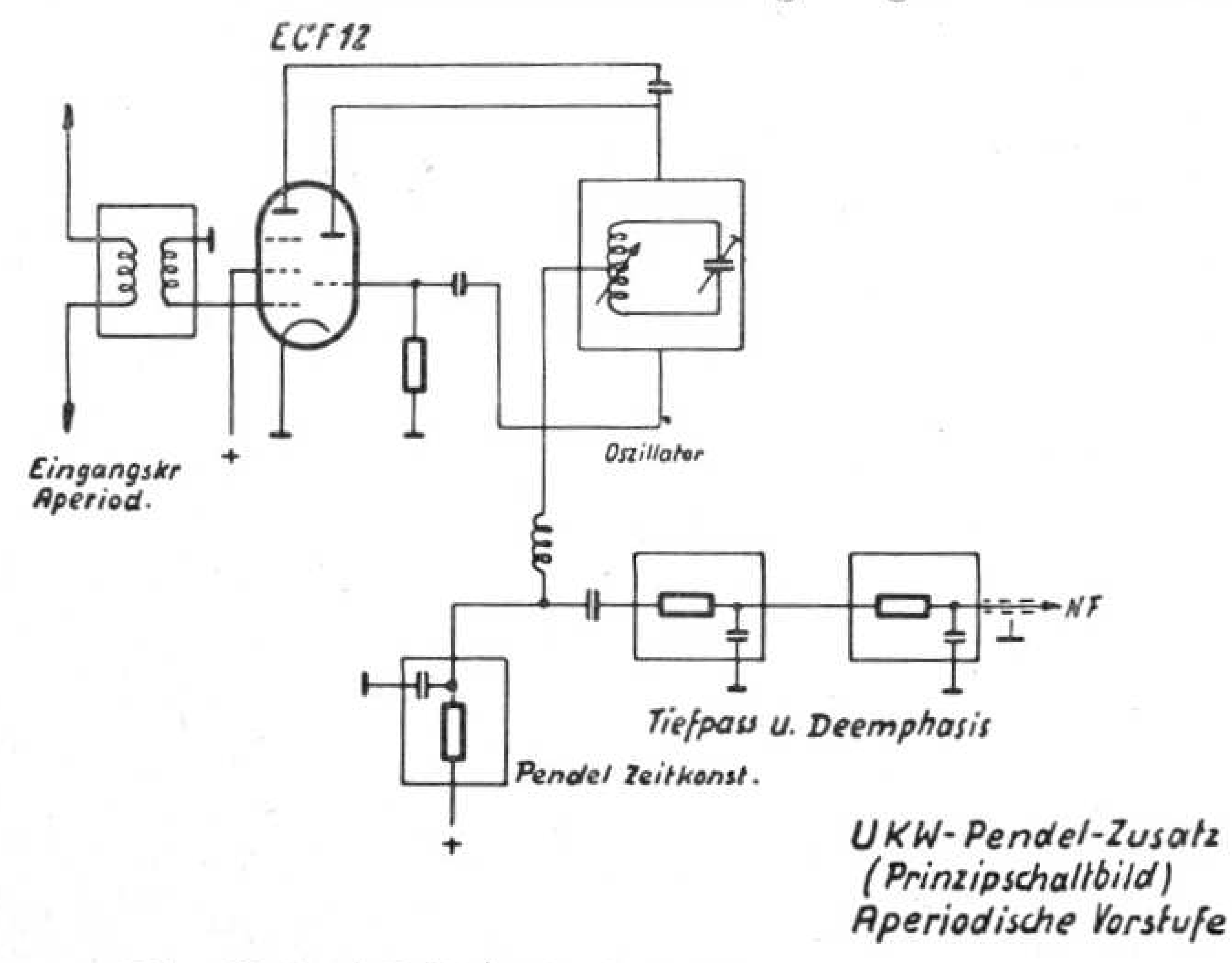


Bild 10. Praktische Ausführung der Superregenerativ-Schaltung

Ein Beispiel für die Schaltung eines solchen Gerätes wird in Bild 10 gebracht. Ein Beispiel eines Industrie-Vorsatzgerätes zeigt Bild 11. Vorsatzgeräte dieser Art können in jeden vorhandenen Empfänger nachträglich eingebaut werden. Die Preise liegen zwischen DM 27.— und

DM 50.—. Die Tatsache, daß so billige Vorsatzgeräte verfügbar sind, hat den UKW-Rundfunkempfang populär gemacht. Eigenartigerweise ist aber das billigste Vorsatzgerät keineswegs das am meisten gekaufte. Der Rundfunkhörer bevorzugt Empfänger höherer Qualität. Trotzdem ist es aber psychologisch von großer Bedeutung gewesen, daß solche billigen Vorsatzgeräte auf den Markt gebracht wurden.

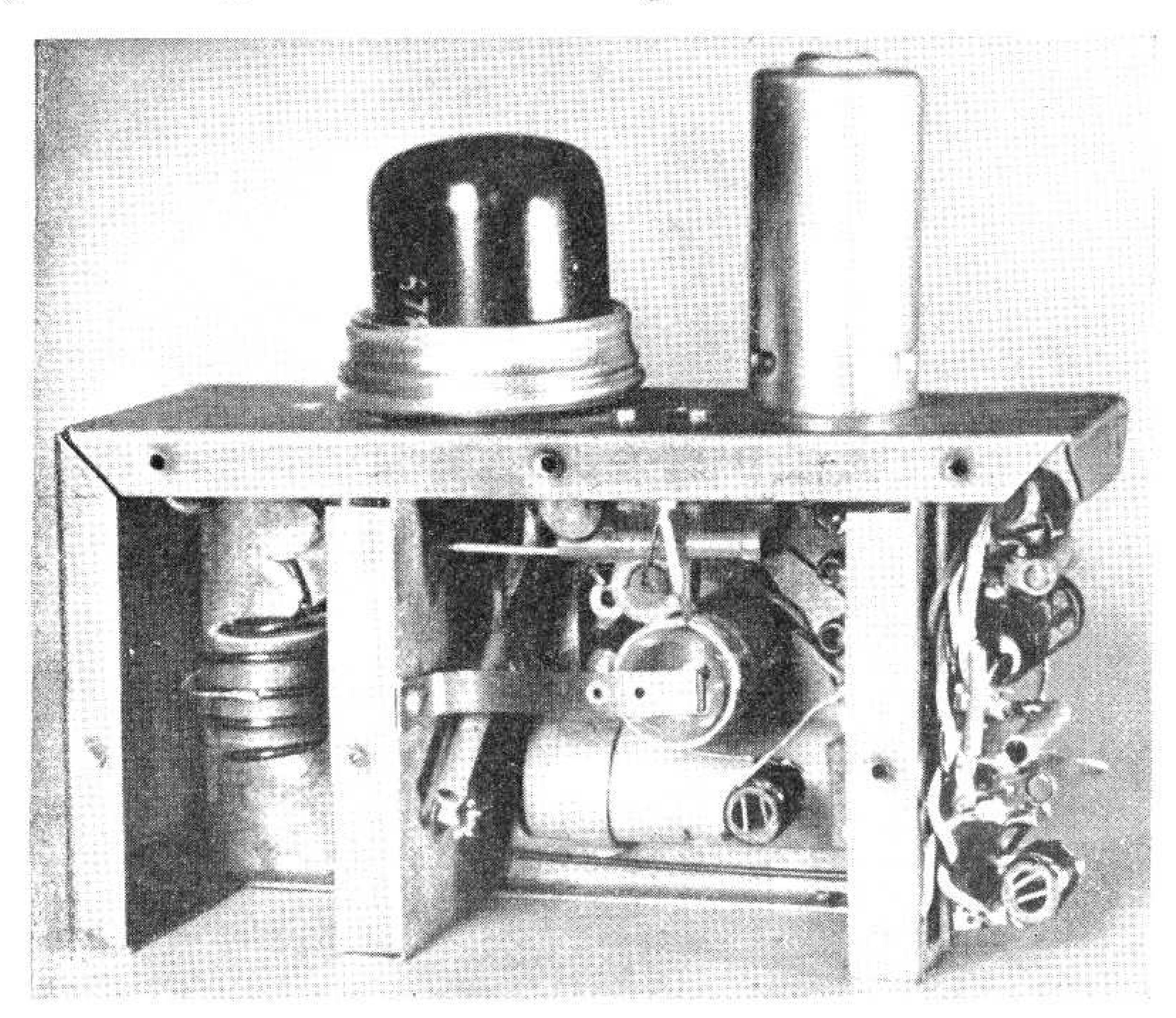


Bild 11. Beispiel eines Einbau - UKW - Vorsatzgerätes

Die zweite oben erwähnte Empfänger-Schaltung (Dioden-Gleichrichtung auf der Flanke eines Abstimmkreises) wird dazu benutzt, die einfachen Empfänger mit einem zusätzlichen Bereich für den Empfang des UKW-Rundfunks zu versehen. Diese Schaltung benötigt gegenüber der üblichen Vier-Röhren-Superhet-Schaltung nur ganz wenige zusätzliche Teile: Einen Wellenschalter, der nicht drei (Lang, Mittel, Kurz), sondern vier Bereiche aufweist, Zwischenfrequenz-Transformatoren für 10,7 MHz zu den ohnedies im Gerät vorhandenen Zwischenfrequenz-Transformatoren für 0,47 MHz. Der Preis für den meistgekauften Superhet-Empfänger mit drei Wellenbereichen liegt bei DM 240.—; mit dem zusätzlichen vierten Bereich liegt der Preis bei DM 250.—. Ein Beispiel für die Schaltung eines solchen Gerätes ist in Bild 12 gegeben.

Während die Industrie im ersten Jahr der Einführung des UKW-Rundfunks nur ein Drittel der Geräte mit und zwei Drittel o h n e UKW-Bereich produzierte, stellte sie sich infolge des Interesses des Käufer-

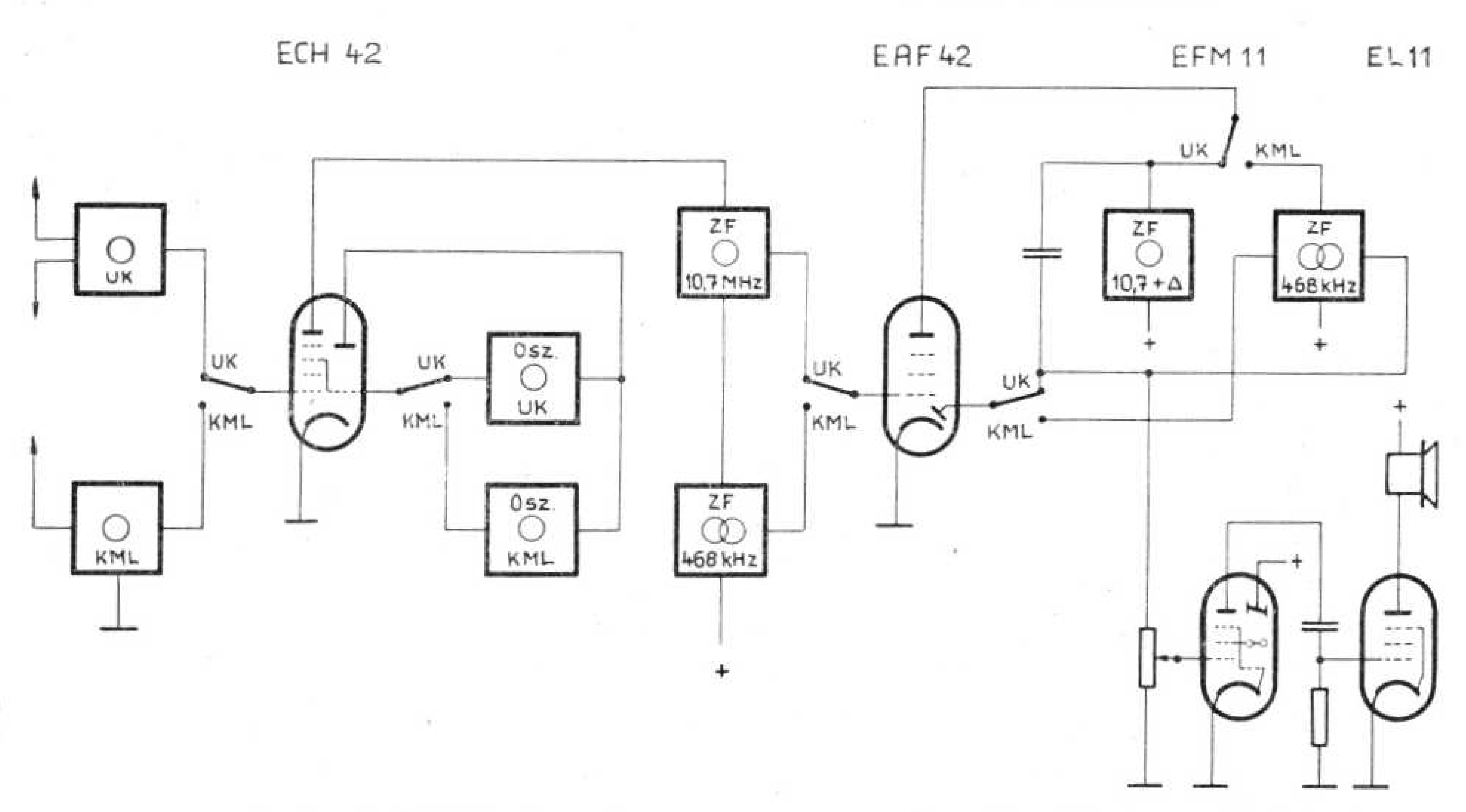


Bild 12. Prinzipschaltbild eines kombinierten FM/AM-Empfängers mit Flankengleichrichtung in der ZF

publikums sehr schnell um und liefert heute über 80 % der Geräte mit UKW-Bereich. In dem einen Jahr nach der Einführung des UKW-Rundfunks sind die erforderlichen Spezial-Einzelteile entstanden, die den Bau hochwertiger Empfangsgeräte ermöglichen. Für den Start war es sehr vorteilhaft, daß normale Empfängerröhren in dem verwendeten Frequenzbereich um 100 MHz noch verwendbar waren — auch hierin mußte mühsam ein Vorurteil überwunden werden. Es sind dann nach dem Beginn des UKW-Rundfunks sehr schnell einige wenige Spezialröhren erschienen, wie z. B. die schon erwähnte Röhre für Superregenerativ-Schaltungen mit einem Pentoden- und einem Trioden-System in einem Kolben und eine Spezial-Doppel-Diode für die Verhältnis-Detektor-Schaltung. Später sind dann noch weitere Spezialröhrentypen entwickelt worden: Eine Mischröhre mit erhöhter Misch-Steilheit und verminderter Kopplung zwischen Oszillator-Triode und Eingangsgitter, um die Störstrahlung auch ohne HF-Vorstufe möglichst gering zu halten, und eine HF- bzw. ZF-Verstärkerröhre mit hoher Steilheit und Regelcharakteristik.

Neben den erwähnten Geräten mittlerer Preislage sind dann noch die Spitzengeräte entstanden, deren Preis zwischen DM 350.— und DM 500.—, in einzelnen Fällen bei DM 750.— liegt. Diese Geräte weisen im UKW-Teil alle auch nach amerikanischer Auffassung für den UKW-Empfang als typisch angesehenen Vorteile wie HF-Vorverstärkung, Begrenzerschaltung, Diskriminator-Schaltung auf und ermöglichen damit auch in großer Entfernung von den Sendern einen hochwertigen Empfang. Es ist sogar neuerdings in Deutschland an vielen Stellen Fernempfang mehrerer UKW-Sender möglich. Damit ist der UKW-Rundfunk dem Drahtfunk mit seinen drei festen Sendefolgen überlegen.

In Deutschland ist wahrscheinlich für die bereitwillige Aufnahme des UKW-Rundfunks durch die Hörerschaft noch ein anderer glücklicher Umstand hinzugekommen: Die deutschen Rundfunkhörer konnten während der Kriegs- und Nachkriegsjahre, also von 1939 bis zur Währungsumstellung 1948, kaum Empfangsgeräte kaufen. Die Mehrzahl der Empfänger bei den Hörern war völlig überaltert, und beim Kauf eines neuen Geräts wurde gleich eines mit UKW-Bereich gewählt.

Nach den ersten Anlaufmonaten im Sommer 1950 setzte mit Beginn der Rundfunk-Verkaufssaison im Herbst 1950 die Groß-Serienproduktion von Empfangsgeräten ein. In Deutschland sind für das Saisonjahr 1950/51 insgesamt 2 Millionen neuer Empfangsgeräte aufgelegt worden. Davon sind über eine Million mit UKW-Teil ausgerüstet.

Der UKW-Rundfunk erfüllt heute die beiden Hauptaufgaben, die für seine Einführung maßgebend waren:

a) Versorgung von Gebieten, die mit Mittelwellen nicht erreicht werden,
b) Lieferung eines zweiten Programms mit lokalem, landsmannschaftlichem Charakter für alle Hörer.

Darüber hinaus aber hat der UKW-Rundfunk eine sehr erwünschte und vom Hörerpublikum sehr begrüßte Qualitätsverbesserung gebracht. Auch hier mußte gegen ein Vorurteil angegangen werden. Man begegnet oft der Meinung, der Mittelwellen-Rundfunk liefere ein Frequenzband von 9 bis 10 kHz, die Ultra-Kurzwelle dagegen ein Band bis zu 15 kHz. Da es noch wenig Lautsprecher gebe, die diese hohen Frequenzen einwandfrei wiedergäben, lohne sich die durch UKW ermöglichte Qualitätsverbesserung nicht. Das tatsächliche Bild ist jedoch völlig anders. Mittelwellen-Rundfunk-Empfänger haben aus Gründen der Trennschärfe nur Bandbreiten von 3, höchstens 4 kHz. Bei diesen Geräten wird das empfangene Band im Hochfrequenz- und Zwischenfrequenzteil bzw. bei einfachen Geräten durch Anwendung von Rückkopplung beschnitten. Der Niederfrequenzteil einschließlich der Lautsprecher umfaßt jedoch in jedem Fall eine Bandbreite von mindestens 8 kHz. Schon das einfachste und billigste Vorsatzgerät für nur DM 27.— ergibt deshalb eine Qualitätsverbesserung von 3 kHz auf 8 kHz Bandbreite, die so eindrucksvoll ist, daß jeder Hörer sie als Verbesserung empfindet. Daß darüber hinaus bei hochwertigen Geräten noch mühelos 10 oder 12 kHz, bei ganz hochwertigen Geräten auch 15 kHz erzielt werden können, spielt diesem gewaltigen Gewinn um fast drei Oktaven gegenüber keine wesentliche Rolle. Auch die mögliche Herabsetzung des Klirrfaktors, die schon auf der Senderseite von den früher üblichen 4 % bei voller Aussteuerung auf 0,5 % beim FM-Sender heruntergeht, bedeutet im Empfänger auch beim einfachsten Vorsatzgerät eine entsprechende Verzerrungsverringerung. Die hochwertigen Empfänger kommen mühelos auf ebenfalls nur 0,5 % Klirrfaktor. Vom Publikum wird diese Verbesserung jedoch, obwohl sie deutlich ist, nicht so stark empfunden wie der Übergang von 3 auf mindestens 8 kHz.

Zum Vorteil der erhöhten Qualität kommt als nicht unwesentlich die gute Störfreiheit hinzu. Auch Empfänger ohne Störbefreiung durch

Begrenzerschaltungen zeigen keinerlei Störungen durch Straßenbahnen oder Gewitter, die im Mittelwellen-Empfang häufig spürbar sind. Die hohe Qualität der Rundfunkübertragung im UKW-Bereich führt dazu, daß die meisten Hörer, die einmal eine Zeit lang UKW-Empfang gehört haben, nicht gern wieder zum Mittelwellen-Empfang zurückkehren. Sie führt weiter dazu, daß auf der Seite der Funkhäuser in der Studiotechnik mit aller Sorgfalt der Ausbau von der bisherigen 10-kHz-Technik auf eine alle Einzelteile der Anlage umfassende 15-kHz-Technik erfolgen muß. Die bereits vorliegenden Erfahrungen zeigen, daß dies ohne großen Aufwand, meist sogar ohne große Kosten möglich ist. Allerdings muß ein neuer Mikrofontyp, ein etwas veränderter Verstärkertyp und eine erheblich verbesserte Magnetofontechnik benutzt werden. Bei der Fernleitungstechnik wird sich aus Kostengründen die 15-kHz-Grenze nicht überall erreichen lassen. Der NWDR wird deshalb die hohe Qualität durch Ballempfang des Nachbarsenders mit 15-kHz-Bandbreite gewährleisten. Zur Sicherheit wird daneben noch eine der üblichen 8-kHz-Fernleitungen benutzt.

In Zusammenfassung kann über den UKW-Rundfunk gesagt werden: Alle technischen Einzelprobleme werden sowohl auf der Senderseite, als auch auf der Ausbreitungs- und Empfängerseite in jeder Hinsicht beherrscht. Überraschungen sind nicht mehr zu erwarten. Die Rundfunkversorgung über Ultrakurzwelle ist wirtschaftlich und technisch einwandfrei. Sie ist meist billiger als auf den anderen Rundfunk-Wellen-Bereichen.

Wenn man für den Mittelwellen-Rundfunk die in ganz Europa aufgetretene erhebliche Verschlechterung durch den Übergang vom Luzerner zum Kopenhagener Wellenplan in Rechnung zieht, so muß man sich schon heute überlegen, was man von der nächsten Wellenkonferenz zu erwarten hat. Wie soll eine zukünftige Konferenz einen besseren Wellenplan ausarbeiten können, wenn die Zahl der in Europa arbeitenden Sender sich ständig vergrößert? Es muß nach unserer Ansicht in allen europäischen Ländern das Verantwortungsbewußtsein für diese Situation schon jetzt wachgerufen werden. Nur ein Weg führt zu einer besseren Rundfunkversorgung im Mittelwellen-Rundfunk. Nur wenn in möglichst vielen Ländern die über e i n Programm hinausgehenden Wünsche, insbesondere alle lokalen und landsmannschaftlichen Programmwünsche, durch UKW-Rundfunk erfüllt werden, kann die Zahl der Mittelwellensender, die dann mehr für übergeordnete Aufgaben verwendet werden können, herabgesetzt werden. Wenn wirklich die Möglichkeiten des UKW-Rundfunks überall ausgenutzt werden, so würde es ohne Schwierigkeiten möglich sein, einen europäischen Wellenplan aufzustellen, in dem die große Mehrzahl der Wellen nur einmal belegt würden (clear channels) und in dem sogar der Frequenzabstand von 9 auf 10 kHz vergrößert werden könnte. Der Weg dazu ist der Ausbau des UKW-Rundfunks in allen europäischen Ländern. Der Weg ist ohne Schwierigkeiten zu begehen, wie sich aus dem in diesen Ausführungen enthaltenen Erfahrungsbericht ergibt.

J. Schniedermann und O. Schmitt

Neue Gerätebauformen und Bauteile der Weitverkehrs-Nachrichtentechnik

Mit dem Einsatz großer Stückzahlen an Nachrichtengeräten gleicher Art muß aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen die serienmäßige Fertigung in konsequenter Form durchgeführt werden. Daraus ergibt sich eine wesentliche Forderung an die hier verwendeten Bauteile: Sie müssen in ihren elektrischen und mechanischen Eigenschaften so gleichförmig sein, daß jedes Stück seiner Art für das andere eingesetzt werden kann und sich auch später ohne Einschränkung auswechseln läßt. Diese Forderung tauchte in der Nachrichtentechnik zum ersten Male in strenger Form im Ausgang des vorigen Jahrhunderts mit der Serienfertigung von Vielfachschaltsystemen für große Fernsprech-Vermittlungen auf; das Amt Berlin VI z. B. war eines der ersten mit solchen planmäßig für die Serienfertigung konstruierten Einzelteilen. Heute ist es eine Selbstverständlichkeit, für jedes neu erschlossene Gebiet zu einem möglichst frühen Termin die Serienfertigung und Normung anzustreben.

Die starke Anhäufung von Geräten in den Ämtern ergibt eine andere wesentliche Forderung: die nach Verkleinerung von Gewicht, Volumen, Materialverbrauch und Leistungsbedarf. In großen Ämtern der Weitverkehrstechnik sind heute Sprechkreiszahlen von 1000 und mehr durchaus keine Seltenheit mehr, so daß schon ein kleiner Erfolg im einzelnen sich als ein beachtlicher Gewinn im ganzen auswirkt.

Ferner möchte man mehr und mehr die Zugänglichkeit von Bauteilen und Baugruppen für die Fertigung, Prüfung, Betriebsmessung und Störungsbeseitigung verbessern. Auch darf mit dem Anwachsen der Zahl der Geräte in einem Amt im Interesse der Betriebssicherheit eine einfache und übersichtliche Bedienung der Geräte und Anlagen nicht verlorengehen.

Viele Geräte, und zwar alle diejenigen, die sich beim Teilnehmer befinden, haben sich in ihrer äußeren Form ihrer Umgebung anzupassen. Die jeweils geltende Geschmacksrichtung dringt bis in die abgeschlossenen Betriebsräume vor, so daß auch von dieser Seite her Wünsche an die Formgebung der Apparate gestellt werden. Hier sprechen auch neue Werkstoffe und neue Verformungsmöglichkeiten ein gewichtiges Wort mit. Parallel zu all diesen Forderungen läuft das Streben nach Verbesse-

rung der Übertragungsqualität mit dem Ziel einer möglichst naturgetreuen Wiedergabe des Nachrichteninhaltes.

Beim näheren Studium des Aufbaus der Nachrichtengeräte erkennt man, welch überragende Rolle darin die Bauteile spielen, aus denen diese Geräte zusammengefügt sind und die letztlich deren Eigenschaften bestimmen. Die Wechselwirkung zwischen Bauteilen und Gerätebauform soll an den hierfür besonders geeigneten Beispielen der Nachrichten-Weitverkehrsgeräte gezeigt werden. Damit wird nämlich ein Aufgabengebiet beleuchtet, dessen erzielte Fortschritte eben davon deutlich abhingen, daß die verwirrend zahlreichen Bauteile systematisch ausgewählt und weiterentwickelt wurden und daß ihre sinnvolle Einbeziehung in eine ausgewogene Gerätekonstruktion wirtschaftlich und betriebssicher arbeitende Anlagen ergaben.

1. Gerätebauformen

Nach ersten, mehr tastenden Versuchen, eine der Serienfertigung und dem Betrieb genügende Fernsprechverstärker-Ausführung zu finden — hier sind die Bauweisen 1922 und 1925 zu nennen —, hatte die Entwicklung im Jahre 1927 zur Schaffung eines für verschiedene Leitungs- und Betriebsarten einheitlichen Verstärkers geführt. Bei allen diesen Verstärkern wurden die Bauteile auf einer Platte befestigt und frei verdrahtet. Der Zwang zur Raumersparnis war offensichtlich nicht sehr groß.

Wesentliche Vorteile in bezug auf Raumausnutzung, Schirmung, Prüfung, Störungssuche, Störungsbeseitigung und Auswechselbarkeit ergaben sich mit der 1932 bei der Deutschen Post eingeführten B a u k a s t e n b a u w e i s e („Bauweise 32"). Dieses Becher- und Baukasten-Prinzip hat sich bei vielen Postverwaltungen so bewährt, daß es heute auf breiter Front angewendet wird, und zwar für Verstärker-, Trägerfrequenz- und Tonfrequenzruf-Einrichtungen ebenso wie für viele Funknachrichtengeräte. Die einzelnen Bauteile setzt man hier, sinnvoll gruppiert, in Bechern gleichen Profils und nur verschiedener Baubreite ein. (Den damaligen Bauteilen entsprechend wurde ein Becherprofil von 75 mm $\times$ 75 mm als Optimum angesehen.) Die Anschlußpunkte sind an Lötösen auf der Deckplatte geführt, wodurch eine Verdrahtung des Gesamtgerätes in einer Ebene und ein vorheriges getrenntes Montieren und Prüfen übersichtlicher Aggregate in der Fabrik möglich sind.

Die nach dem Baukastensystem geschaffenen Geräteformen bestimmen seit 20 Jahren das Gesicht der Ämter für Verstärker-, Trägerfrequenz- und Wechselstromtelegrafie-Anlagen. Grundsätzlich gesehen stellt dieses System trotz der ungewöhnlich schnellen Entwicklung gerade auf dem Gebiete der Nachrichtentechnik für ortsfeste Ämter immer noch die technisch und wirtschaftlich günstigste Bauweise dar. Es ist anpassungsfähig und läßt viele Variationsmöglichkeiten zu. So hat man z. B. anfangs unterschiedliche Entzerrerbecher gebaut und diese je nach Bedarf in die Verstärker eingesetzt. Als dann Verstärker für universellen

Einsatz benötigt wurden, war es wegen der leicht zugänglichen Becherdeckplatten möglich, die Entzerrer in einem Becher zu vereinigen und jeweils gewünschte Entzerrungskurven durch Lötverbindungen oder Steckverbindungen auf der Deckplatte in kürzester Zeit einzustellen.

Aus der Fülle des Materials zeigt Bild 1 einen Fernsprechverstärker der Bauweise 32 und vor dem Verstärker die einzelnen Becher fertig montiert und auch Bauteile aus den Bechern herausgezogen. Bild 2 bringt eine Gestellreihe mit Fernleitungs-Endverstärkern und Tonfrequenz-Rufumsetzern, beide nach der Baukastenbauweise aufgebaut.

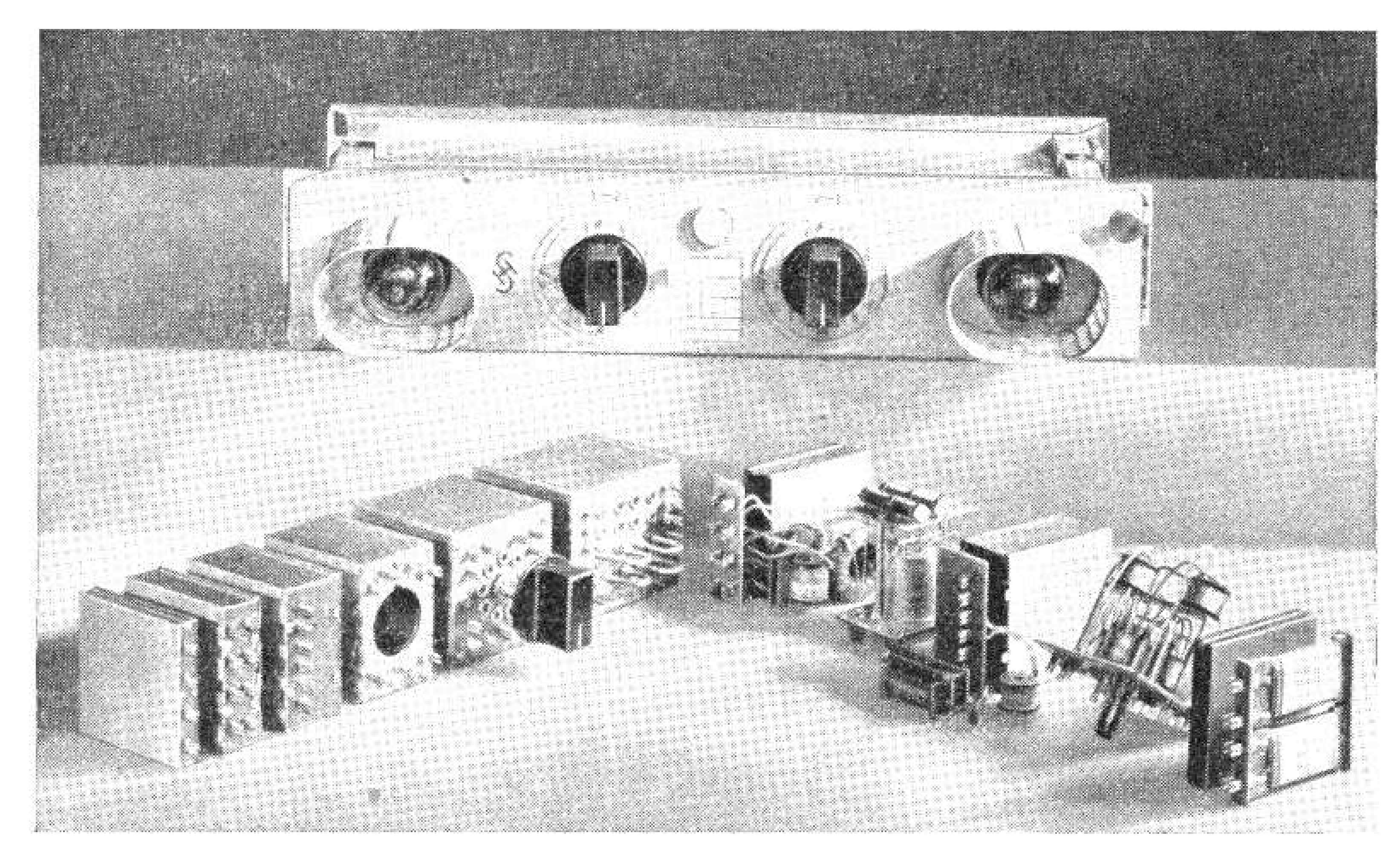


Bild 1. Einzelverstärker der Bauweise 1932 und seine Baugruppen (Becherbauweise)

In den Jahren von etwa 1938 bis 1943 entstanden vor allem durch erweiterte und universelle Einsatzbedingungen neue Aufgaben. An Stelle der bis dahin verwendeten Becher mit wenigen Einzelelementen traten mehr und mehr Gebilde, die eine größere Zahl von Bauelementen als bis dahin umfaßten, z. B. mehrstufige Verstärkerschaltungen. Eine derartige *Baugruppe* besteht aus einer Deckplatte und einem Konstruktionsgerippe zur Befestigung der Bauteile, so daß diese für Montage, Verdrahtung und Prüfung von allen Seiten bequem zugänglich sind. Die Innenverdrahtung kann dabei so ausgeführt werden, daß sie mechanischen Beanspruchungen nicht mehr ausgesetzt ist, wie es bis dahin beim Schließen der Becher der Fall war. Aus dieser neuen sogenannten *Baugruppenbauweise* ergaben sich zusammen mit der immer mehr in den Vordergrund gestellten Forderung nach Schüttelfestigkeit, nach kleinem Raumbedarf und geringem Gewicht mannigfaltige Forderungen an die verwendeten Bauteile, die in steter Weiterentwicklung erfüllt werden mußten.

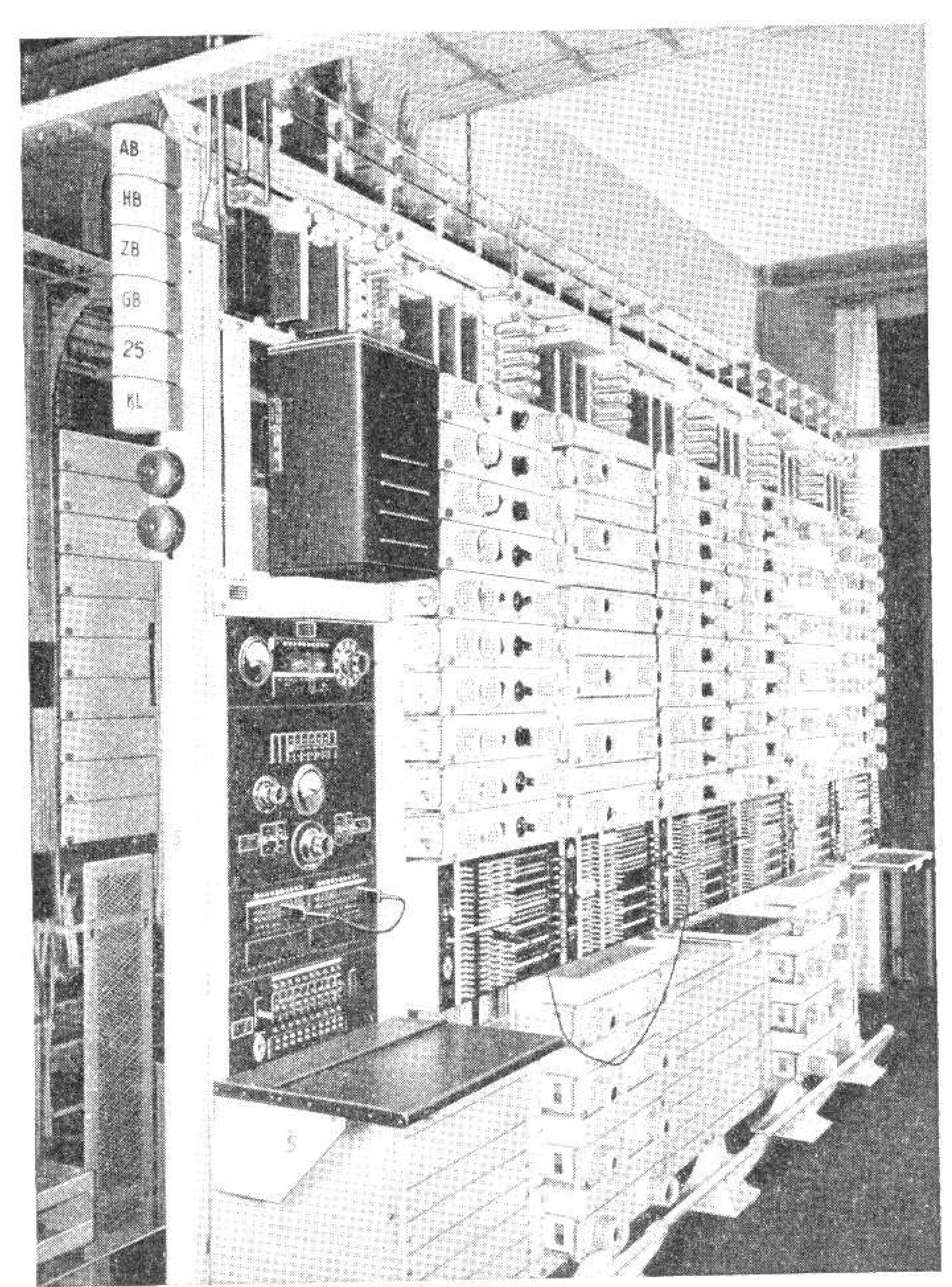


Bild 2. Gestellreihe der Bauweise 1932 mit Fernleitungs-Endverstärkern und Tonfrequenz-Rufumsetzern

Zur gleichen Zeit trat die Notwendigkeit auf, Geräte für beweglichen Einsatz zu bauen, d. h. bequeme Transportmöglichkeit der Teile einer Anlage sowie deren schnellen Auf- und Abbau zu ermöglichen. Die Aufgabe wurde durch die Einschubbauweise gelöst. Als Beispiel einer solchen bewegbaren Nachrichtenanlage zeigt Bild 3 ein 9-Kanal-Trägerfrequenz-Endgerät für Dezimeter-Richtfunkverbindungen aus dem Jahre 1941. Durch sorgfältigen Aufbau in Baugruppenbauweise und durch weitgehende Verwendung neuer Bauteile konnte das Volumen je Sprechkreis auf etwa die Hälfte des bei den Geräten der Bauweise 32 benötigten Raumes herabgesetzt werden. Bild 4 bringt als Beispiel für den Innenaufbau einen Dienstkanal-Einschub.

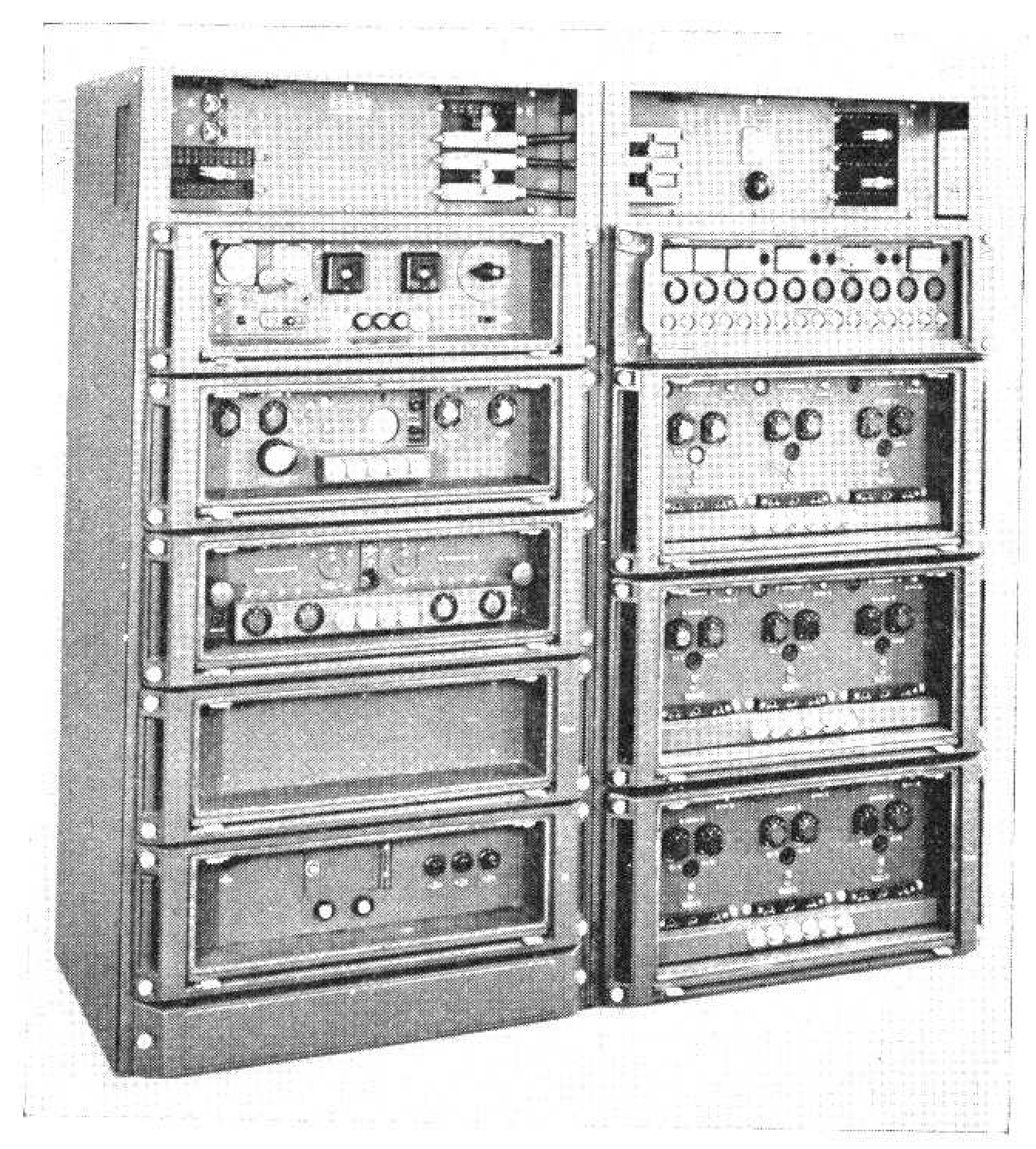


Bild 3. 9-Kanal-Trägerfrequenz-Endeinrichtung
für Dezimeter-Richtfunkverbindungen, Baujahr 1941

Bei den ersten Schubkasten-Konstruktionen hatte man eine Kombination von Chassis-Bauweise und Becher- oder Baugruppen-Bauweise mit teilweise sehr freier Gestaltung der Baugruppenprofile gewählt und die Röhren in die Geräte hineingebaut. Bei der Erprobung zeigte sich jedoch, daß die eingebauten Röhren, wenn es Leistungsröhren waren, eine zu starke Erwärmung der Geräte verursachten, die zu Betriebsstörungen Anlaß gab. Man konnte in dieser Art also nur Geräte bauen, die eine verhältnismäßig kleine Anzahl Röhren geringer Leistung enthielten. Im Zuge der Weiterentwicklung ergab sich später als günstigste Ausführung eine Bauweise, bei der die Gestelle hinten einen Schacht hatten, in den die Röhren, für die gute Wärmeabfuhr notwendig war, hineinragten (später als DIN 41490 festgelegt). Wie die Erprobung zeigte, war damit die Frage der Wärmeabfuhr gelöst. Des weiteren erkannte man, daß aus Gründen eines raschen und übersichtlichen Entwicklungsablaufes sowie aus Gründen geringen Fertigungsaufwandes einer Bauweise mit wenigen Freiheitsgraden in den Baugruppenabmessungen der Vorzug vor einer allzu freien Bauweise zu geben ist.

Für ein gutes Arbeiten der Anlagen in Einschubbauweise war es unerläßlich, betriebssichere Steckerleisten für die Verbindung zwischen

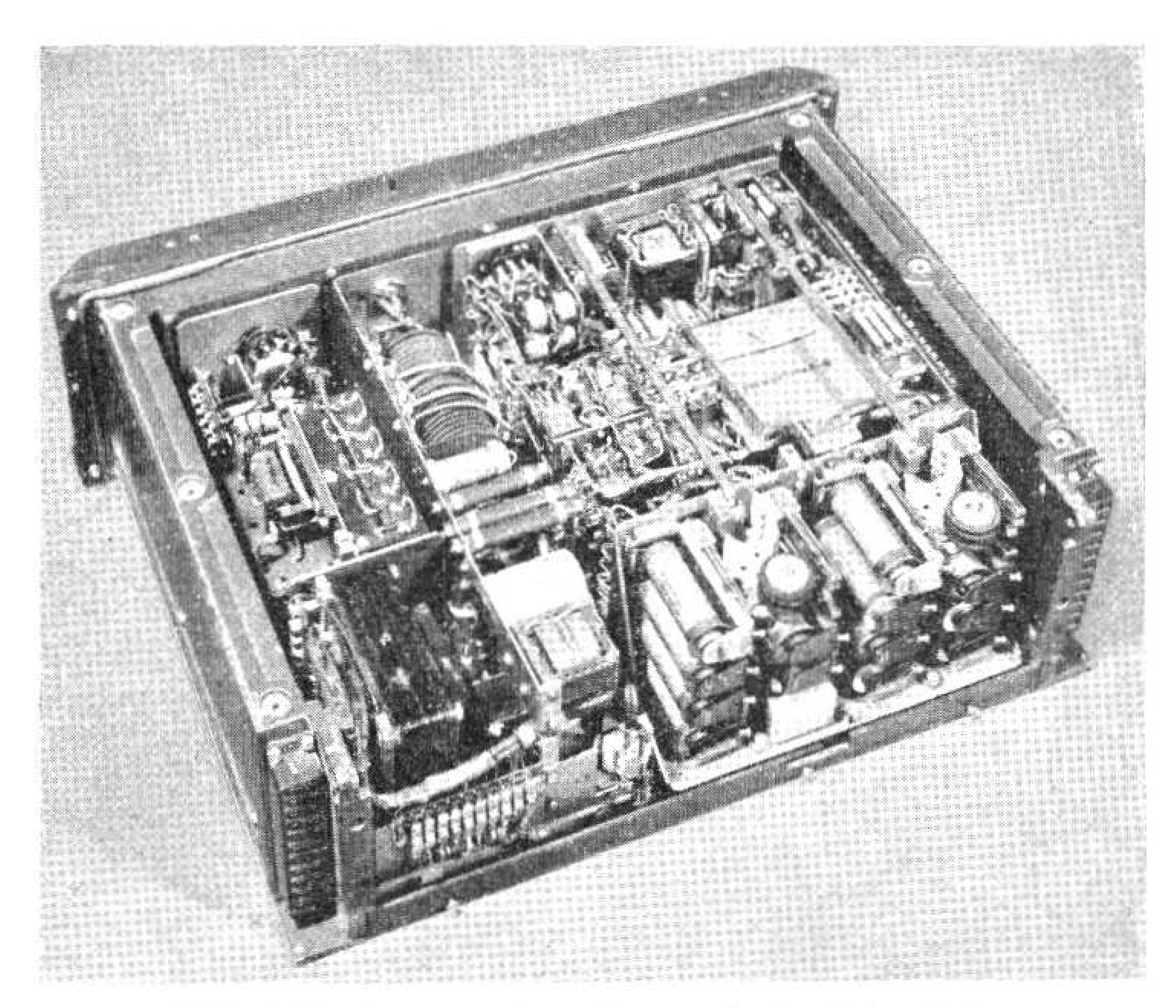


Bild 4. Beispiel für einen Einschub, Baujahr 1941

Schubkasten und Gestell zu verwenden. Erst mit solchen Steckverbindungen wurde eine wichtige Voraussetzung für den einfachen Transport der Einrichtungen geschaffen, indem man Gestelle und Geräte gesondert verschickt und erst am Ort des Einsatzes wieder vereinigt. Die Geräte können auch bei Reparaturen leicht aus den Gestellen herausgenommen werden. Es ist jedoch hierbei von Nachteil, daß man die Geräte bei der Störungssuche auf einen Sondertisch stellen und mit dem Gestell verbinden muß. Dieser Nachteil wird vor allem bei den Einrichtungen spürbar, bei denen in einem Einschub aus Raumgründen mehrere in sich unabhängige und für getrennte Übertragungskanäle verwendete Geräte untergebracht sind, ferner an Stellen sehr kleinen Pegels oder in höheren Frequenzgebieten, weil sich hier das Verhalten des Gerätes außerhalb des Gestelles von seinem Verhalten innerhalb des Gestelles unterscheidet. Störungssuche und Fehlerbeseitigung müssen dann an zentraler Stelle durchgeführt werden, was große Meßplätze und dgl. erfordert.

Als nach 1945 die Arbeiten für umfassende und voraus planende Entwicklungen wieder aufgenommen werden konnten, setzten wir uns, vor allem um wieder den Anschluß an die im Ausland inzwischen weitergeführte Entwicklung zu gewinnen, das Ziel, einen großen Schritt in Richtung Volumen- und Gewichtsverkleinerung zu tun. Bei der sich daraus ergebenden neuen „B a u w e i s e 5 0", so genannt entsprechend ihrer Einführung bei der Deutschen Post im Jahre 1950, wurden alle Erfahrungen mit der Bauweise 32 (Wannen- und Becherbauweise) und den für beweglichen Einsatz geschaffenen Konstruktionen (Schubkasten-

und Baugruppenbauweise) genutzt. Bild 5 zeigt als Beispiel die Kanalumsetzer-Wanne; sie enthält eine Vorgruppe und wird heute einheitlich bei allen Siemens-Trägerfrequenz-Systemen benutzt. Eine solche Wanne faßt alle Baugruppen zusammen, die man benötigt, um drei Sprachbänder in den Vorgruppenbereich 12 bis 24 kHz und dann in einen Teil des Gruppenbereichs, z. B. 60 bis 72 kHz, zu verlagern. In die-

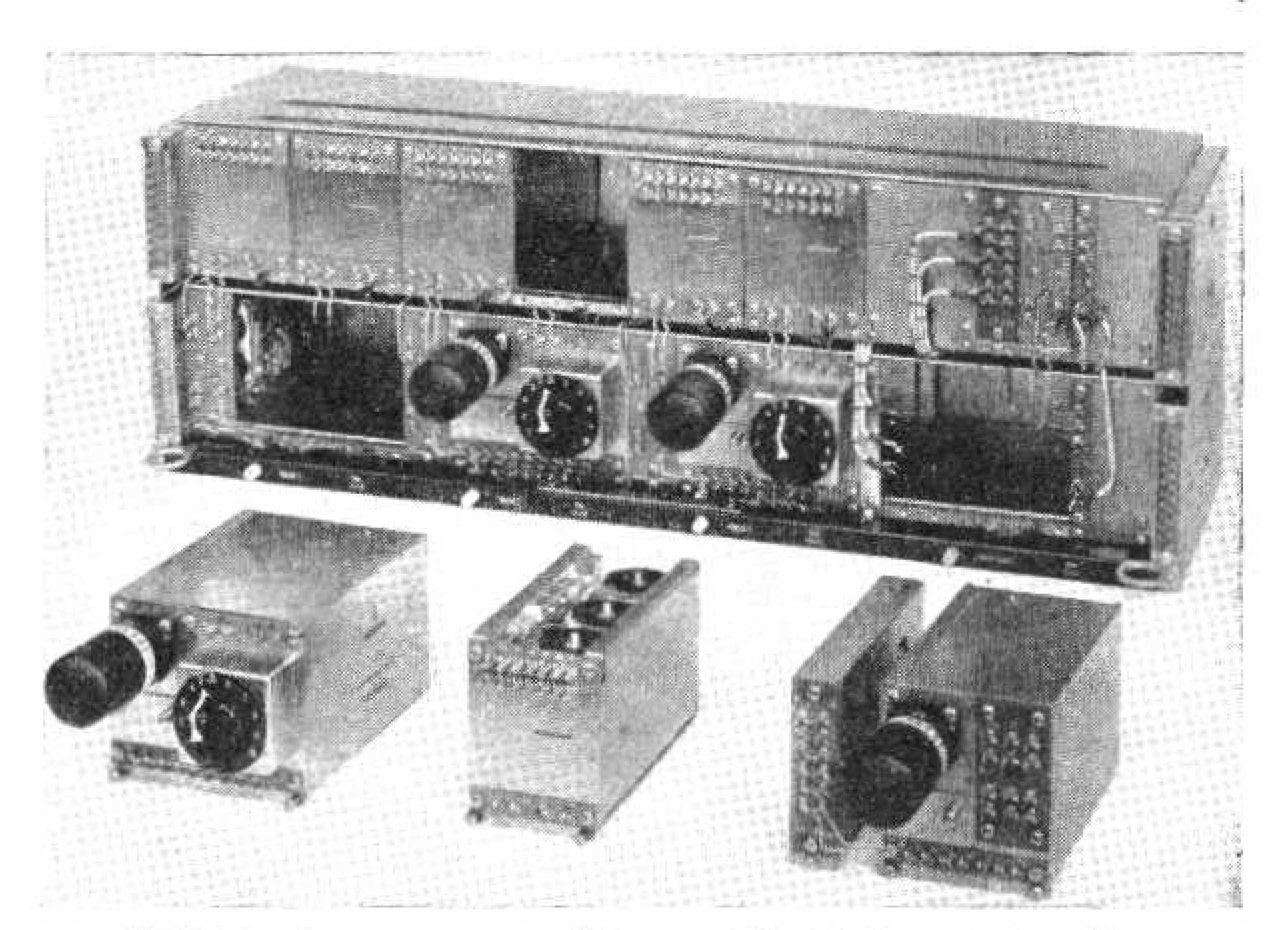


Bild 5. Vorumsetzer-Wanne für 3 Sprechkanäle, Bauweise 1950

sem Bild ist je eine wesentliche Baugruppe herausgezogen und als Einzelgerät gezeigt, so ein Kanalmodulator mit Kanalverstärker, ein Kanalfilter, der zur Entkopplung der drei Kanäle benötigte Entkoppler und der Vorgruppenumsetzer mit Vorgruppen-Empfangsverstärker.

Die neuen Geräte haben sämtliche für die Störungssuche notwendigen Schaltungszwischenpunkte ebenso wie die Röhren leicht zugänglich vorn an der Bedienungsseite. Außerdem können aus den Geräten einzelne Baugruppen ausgebaut werden, ohne daß die Gerätewannen aus dem Gestell herausgenommen werden müssen, wodurch benachbarte Baugruppen keine Betriebsunterbrechung zu erfahren brauchen. Damit hat diese Bauform alle Vorzüge der Bauweise 32 und dazu noch die Vorzüge der Einschub-Bauweise ohne deren Nachteile. Ebenso wie bei den früheren wird auch bei den neuen Geräten jeweils eine größere Anzahl von zusammengehörenden Bauelementen zu einer Einheit, z. B. Filtern, Entzerrern, Verstärkern, Frequenzumsetzern usw., zusammengefaßt. Diese Baugruppen umgibt man nicht grundsätzlich, sondern nur dann mit einem Becher, wenn dies für die elektrische Schirmung notwendig ist.

Die neuen Baugruppen sind um zwei Drittel tiefer als die früheren. Dieses neue Maß ist aus der vom CCIF vorgeschlagenen größten Gestelltiefe von 450 mm abgeleitet, und zwar hat man diese Tiefe halbiert. Es ergeben sich so, vor allem für die Verwendung bei Niederfrequenz- und Trägerfrequenz-Einrichtungen, Gestelle, die bei einer Tiefe von 225 mm

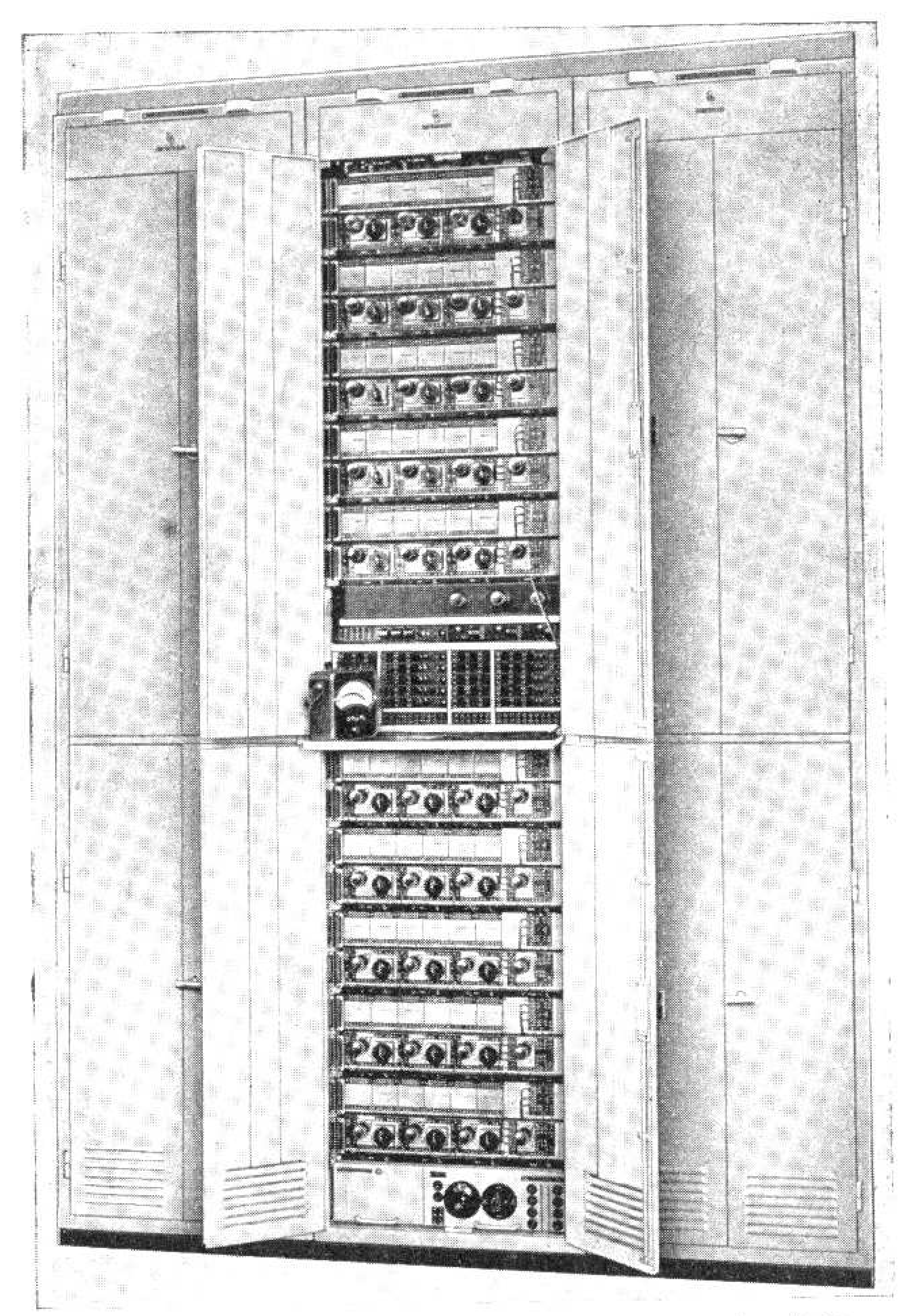


Bild 6. 3 Kanalumsetzer-Gestelle der Bauweise 1950

und einer Baugruppentiefe von 125 mm noch genügend Raum zwischen der Baugruppen-Deckplatte und der vorderen Gestellbegrenzung für Röhren, Schalt- und Überwachungs-Einrichtungen sowie für die in höheren Frequenzbereichen nötigen Abschirmungen freilassen.

Die neuen Gestelle werden im Regelfalle nur von der Bedienungsfront aus bestückt. Sie bieten also den weiteren Vorteil, daß sie unmittelbar Rücken an Rücken oder gegen eine Wand gestellt werden können, während die bisherigen Gestelle für ortsfeste Ämter zur Bedienung und Störungssuche auch auf der Rückseite zugänglich sein mußten. Damit wird im Amt auch an Raum für Bedienungsgänge gespart. Bild 6 zeigt als Beispiel drei Kanalumsetzer-Gestelle der Bauweise 1950; ein solches einseitig bestücktes und nur 225 mm tiefes Gestell nimmt die Kanal-

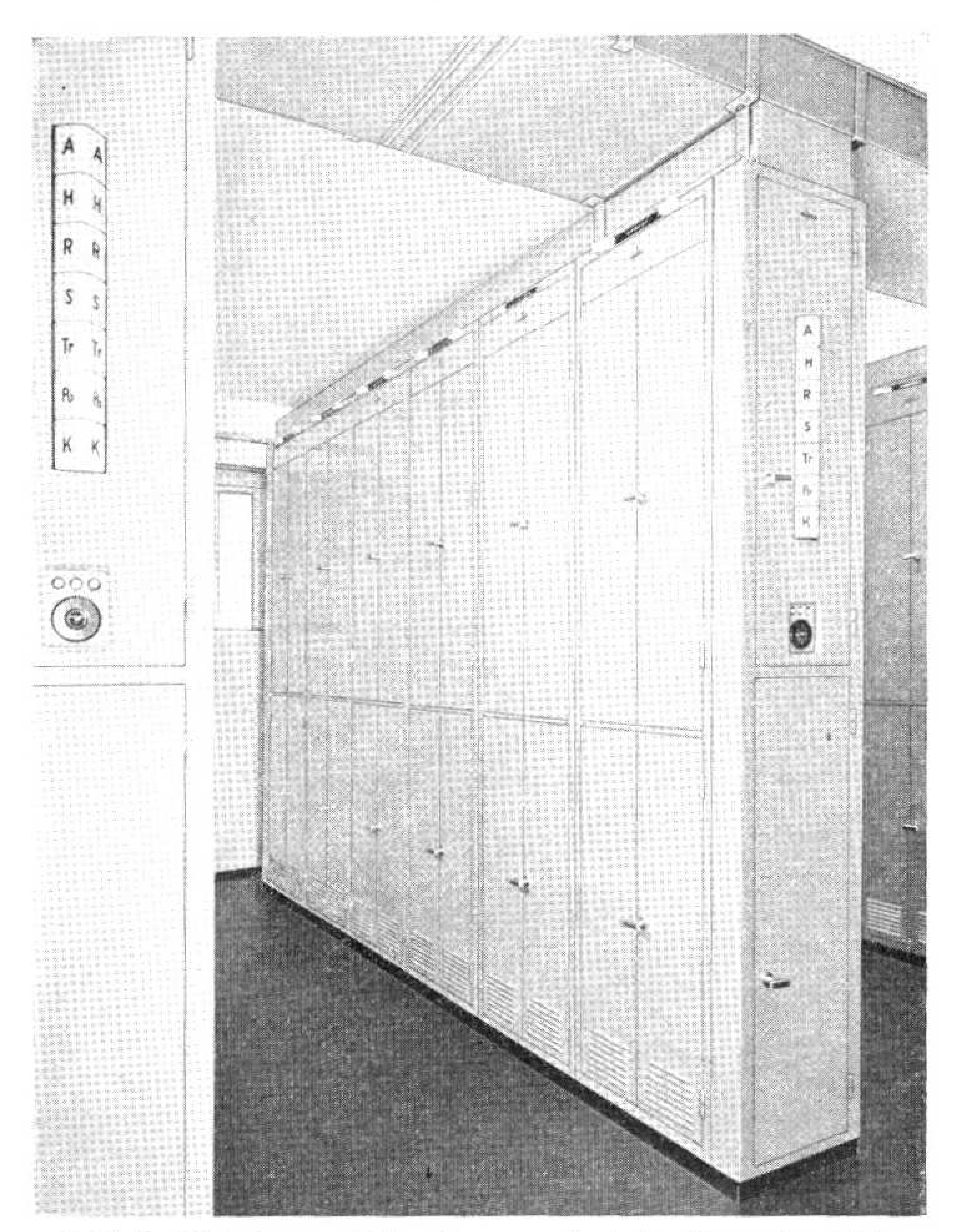


Bild 7. Blick in ein Trägerfrequenz-Amt der Bauweise 1950

und Vorgruppenumsetzer-Einrichtungen für 30 Sprechkreise auf. Bild 7 zeigt ein 1951 mit solchen Gestellen aufgebautes Trägerfrequenz-Amt.

An der gewohnten Becherhöhe von 75 mm hat man festgehalten, um im Interesse des Betriebs mit den neuen Geräten jederzeit den Anschluß an vorhandene Einrichtungen zu wahren. So ist z. B. die Verstärkerwanne für das Rundfunkleitungs-System so ausgebildet, daß sie mit den für die neue Gestellbauweise entworfenen Baugruppen nicht nur in die neuen Gestelle selbst, sondern wahlweise auch statt älterer Rundfunkleitungs-Verstärker in die Gestelle des Rfl-Systems 34 oder 48 eingesetzt werden kann.

Bei der Entscheidung der Frage, zentrales Amtsschaltfeld, so wie es im Ausland vielfach angewandt wird und das bei den Einzelgeräten Teilschaltfelder verlangt, oder zentrales Gestell-

S c h a l t f e l d entsprechend der bisherigen deutschen Amtstechnik, ist aus Gründen der besseren Bedienung für die Gestelle das zentrale Gestell-Schaltfeld beibehalten worden. An dieses Gestell-Schaltfeld werden jedoch nur die Leitungen geführt, an denen laufend Betriebsmessungen vorgenommen werden, in erster Linie also die Eingänge und Ausgänge

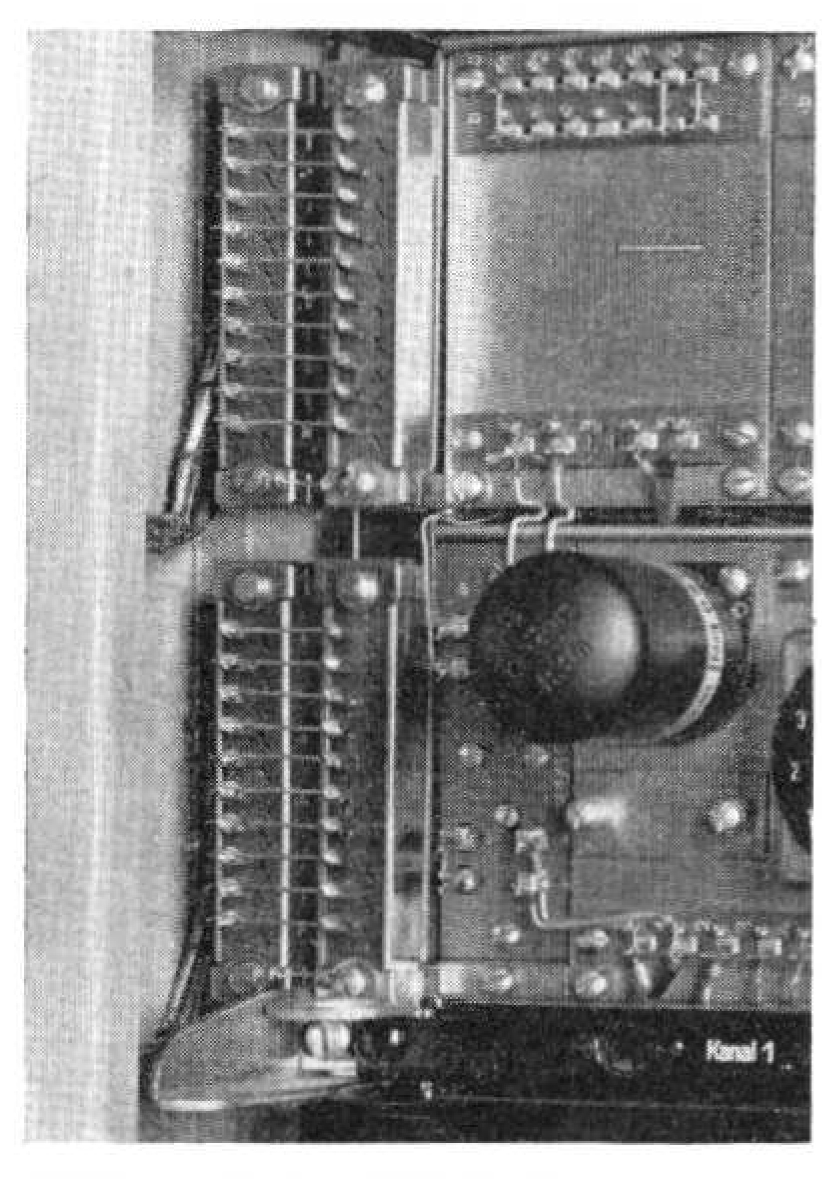


Bild 8. Gerät der Bauweise 1950 mit Lötbrücken-Anschlüssen

der NF- und der TF-Leitungen. Die übrigen für Einzelgeräte- und Röhrenmessungen erforderlichen Meß- und Trennstellen sind auf sogenannten Überwachungsschienen jeweils unterhalb der Geräte zusammen mit weiteren Bedienungselementen untergebracht. Diese neuen Bedienungselemente (Bild 16) sind den Platzverhältnissen besonders angepaßt.

Wie oben bereits ausgeführt, sind die neuen Apparatewannen als E i n s c h ü b e konstruiert. Eine wichtige Frage ist hier, ob man ihre Anschlußpunkte über Lötbrücken mit der Gestellverdrahtung verbindet oder über die vorher schon erwähnten Steckerleisten. Diese Frage wird mit der Güte und Betriebssicherheit der Steckerkonstruktion entschieden. Die über ein Jahrzehnt reichenden Erfahrungen mit den in Bild 13 gezeigten Messerkontaktleisten ergaben, daß diese den in der Weitverkehrs-Nachrichtentechnik gestellten Anforderungen voll und ganz genügen. Die neuen Gestelle und Geräte sind deshalb so ausgeführt, daß beide Verfahren, also sowohl Lötbrücken- wie auch Steckverbindungen, möglich sind, Bild 8 und 9 zeigen einen Einschub mit Lötösenanschluß und einen mit Steckerleistenanschluß.

Die Geräte mit Steckerleistenanschluß ermöglichen einen rascheren Amtsaufbau, da das Einlöten der Brücken wegfällt; sie haben aber auch gerätetechnische Vorzüge, die vor allem bei sehr gedrängter Bauweise ins Gewicht fallen. Die Steckerleisten sind nämlich unterhalb der Bau-

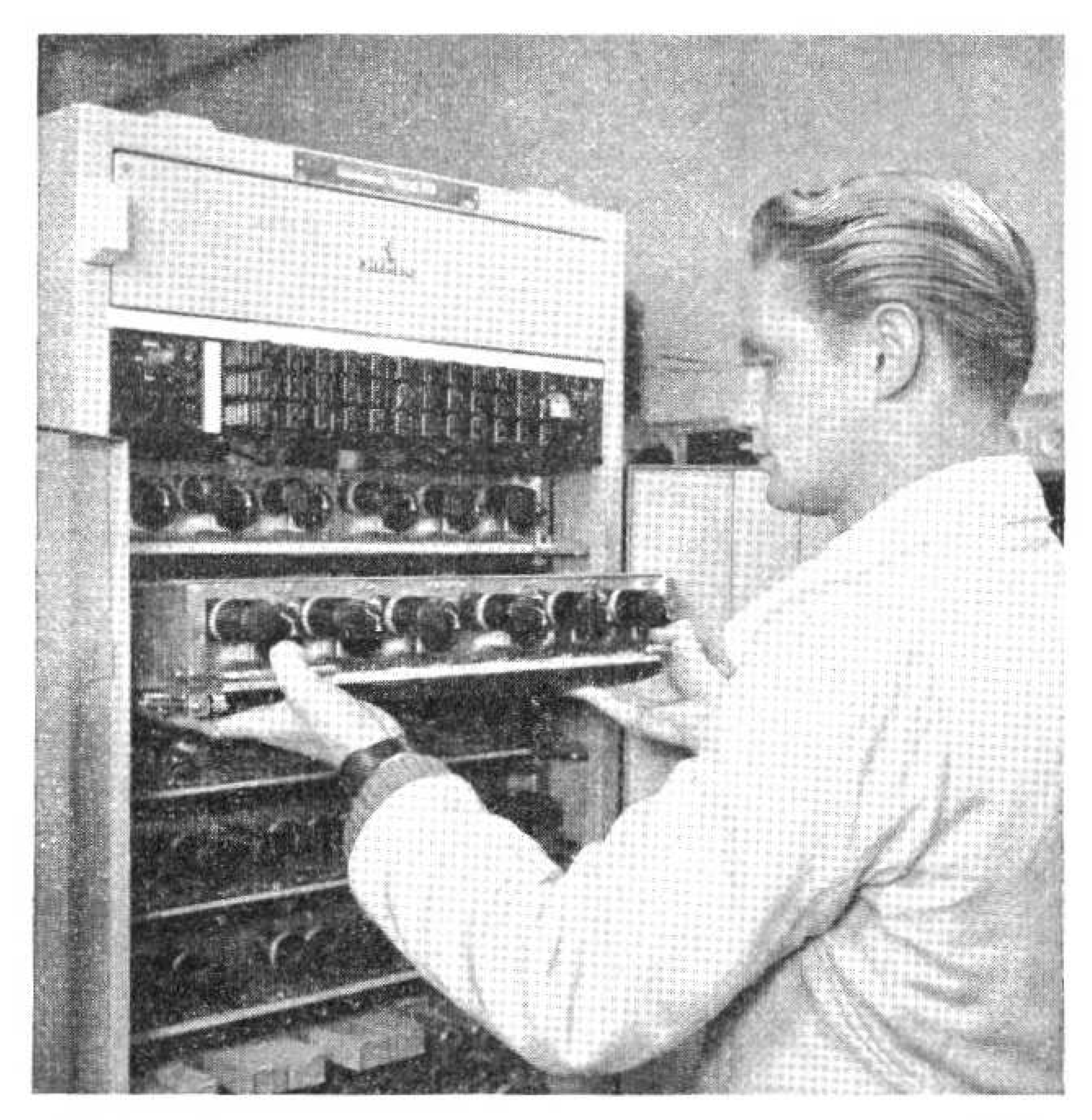


Bild 9. Einsetzen eines Einschubs der Bauweise 1950 mit Steckerleisten-Anschluß

gruppen auf der Geräte-Längsseite angebracht, so daß sich eine wesentlich größere Zahl von Verbindungsstellen zwischen Gerät und Gestell unterbringen läßt als bei der Ausführung mit seitlichen Lötanschlüssen. Dabei wird für die Steckerleisten der Raum ausgenutzt, der wegen der vorn angebrachten Bedienungsschiene anderweitig nicht belegt werden kann. Außerdem bleibt jetzt Raum seitlich der Geräte für solche Steck- oder Lötanschlüsse frei, die aus besonderen Gründen der Schirmung oder höherer Frequenz unmittelbar zwischen Gestell und einzelnen Baugruppen des Gerätes ausgeführt werden müssen. Bild 10 zeigt hierzu ein Beispiel aus dem Koaxial-System.

Zu der Frage, großflächige Abdeckung der Gestelle oder Kappen für die einzelnen Geräte, seien hier einige Gesichtspunkte angeführt, die für Türen sprechen. Wie bereits oben erwähnt, haben die neuen Gestelle zwischen der Gerätefrontseite und der vorderen Gestellbegrenzung einen freien Raum, der bei abgedecktem Gestell als Entlüftungskanal wirkt. Wie Messungen gezeigt haben, reicht dieser Kanal aus, die sich im Gestell entwickelnde Wärme in genügendem Maße abzuführen. Selbstverständlich würde es zur Wärmeabfuhr genügen, wenn die Röhren wie bei den älteren Konstruktionen frei in den Raum hineinragten. Die sehr starke Zusammendrängung von Verstärkereinheiten und somit vieler Röhren und Bedienungselemente auf der Vorderseite läßt aber eine Ein-

zelabdeckung der Geräte in der früheren Art wegen der Vielzahl benötigter Durchbrüche häufig nicht mehr zu. Es sind großflächigere Abdeckungen nötig und Türen wohl die einfachste Abdeckmöglichkeit. Vorzüge der Türen sind: Gutes Aussehen bei nicht vollkommener oder unterschiedlicher Bestückung der Gestelle; bei Messungen und Fehlersuche

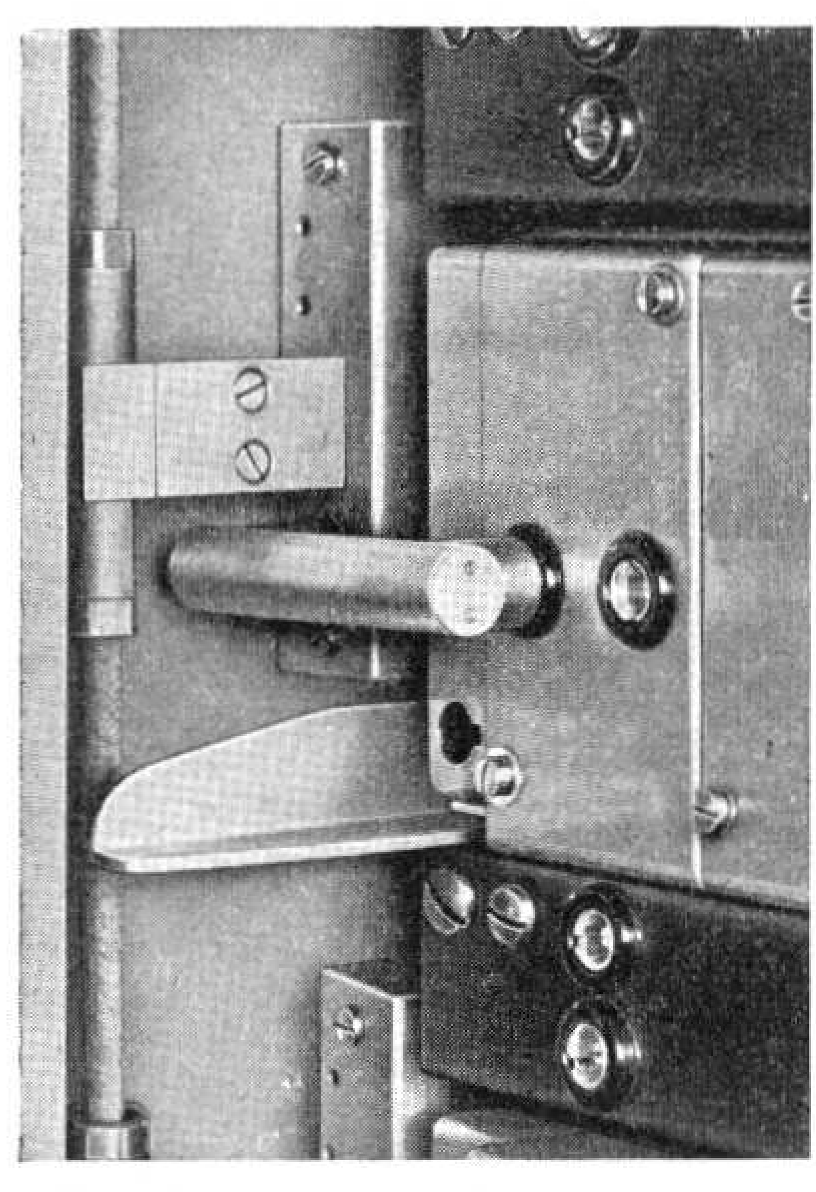


Bild 10. Verbindungsleitung zwischen einem Übergruppenumsetzer V 960 und der Gestell-Verkabelung

kein Abnehmen und Herumliegen von vielen unterschiedlichen Schutzkappen; die Geräte sind jederzeit frei zugänglich; die Bestückung der Geräte kann auch nachträglich noch geändert werden, z. B. können Temperatur- und System-Entzerrer oder sonstige Regelelemente eingesetzt werden, ohne daß Rücksicht auf Kappenöffnungen zu nehmen ist; die Türen bieten Raum für die Unterbringung von Bezeichnungs- und Beschriftungsschildern entsprechend den jeweiligen Amtsverhältnissen.

In Anlehnung an die bisher üblichen Gestellbreiten von 550 und 660 mm ist die Breite für die neuen Bauformen so gewählt worden, daß sich ausreichend geräumige Gerätewannen ergeben. Andererseits dürfen die Geräte auch nicht zu schwer werden, eine Gefahr, die um so mehr gegeben ist, je besser die einzelnen Bauteile aufeinander abgestimmt sind und je größer demzufolge der „Füllungsgrad" der Geräte wird. Als günstige Gestellbreite ergab sich das Maß von 600 mm. Hierbei kann man auch Türen verwenden, die sich nach dem Öffnen seitlich in das Gestell einschieben lassen, sogenannte Verschwindetüren, ohne das bisher größte Gestellbreitenmaß von 660 mm zu überschreiten.

Für den Amtsaufbau ergibt sich mit der Schrankbauweise ein vollkommen neues Aussehen, das in erster Linie durch klare, ruhige Flächen gekennzeichnet ist. Die Zusammenfassung der Einrichtungen für große Gesprächsbündel auf kleinem Raum brachte auch eine Reihe mon-

tagetechnischer Aufgaben mit sich. Sie wurden durch Entwicklung neuer geschirmter Lötverteilerleisten so gelöst, daß den Forderungen auf Übersichtlichkeit und leichte Bedienbarkeit der Einrichtungen ebenso entsprochen wird wie den erhöhten Nebensprechbedingungen bei der Verkabelung und Verteilung der Leitungen. Es mag erwähnt werden, daß sich bei weiterer Steigerung des Füllungsgrades der Geräte und der Gestelle eine Amtsverkabelung als günstigste anbietet, bei der ebenfalls statt Lötverbindungen Steckverbindungen angewendet werden.

Für die Kabelführung zwischen den Gestellreihen, z. B. zu den HF-Verteilern, NF-Verteilern und zu den Kabelend-Gestellen, werden auf den Schrankgestellen Kabelkanäle montiert und quer über den Gestellreihen Kabelroste angebracht. Die Kabelroste werden nach Beendigung der Montagearbeiten mit Blechplatten verkleidet (Bild 7). Entsprechend einem Vorschlag der Deutschen Post sind die Kabelroste mit senkrecht stehenden Stiften versehen, zwischen die die Amtsverkabelung eingelegt wird. Dadurch fällt das kostspielige Abbinden der Leitungsbündel weg, und Erweiterungen und Umbestückungen sind einfacher durchzuführen.

Die geschilderten Merkmale lassen erkennen, daß die Bauweise 50 einen wesentlichen Fortschritt im Bau kommerzieller Nachrichtengeräte darstellt. Sie greift dabei in ihren Einzelheiten soweit wie möglich auf allgemeine Erfahrungen mit älteren Konstruktionen zurück, so daß sie als Grundlage für eine Einheitsbauweise für Weitverkehrs-Nachrichtengeräte der Deutschen Post dienen kann.

2. Bauteile

Im Abschnitt „Gerätebauformen" sind bereits die wesentlichen an die Bauteile der neuzeitlichen Weitverkehrstechnik gestellten Forderungen genannt, nämlich hohe elektrische Genauigkeit und Konstanz in weiten Betriebstemperaturbereichen, geringes Volumen und Gewicht, Eignung für Serienfertigung, leichte Austauschbarkeit und große Schüttelfestigkeit. Damit werden aber, wie die folgenden Ausführungen über häufig verwendete Bauteile zeigen, keineswegs alle physikalischen und konstruktiven Aufgaben erfaßt. Vor allem die Meßgeräte- und Funkgeräte-Technik bringen weitere und erhöhte Forderungen.

Löt- und Kontaktverbindungen. Die Lötverteiler für die Anschaltung der Leitungen an die Amtsausrüstungen müssen bei der Weitverkehrstechnik nicht nur raumsparend und übersichtlich, sondern auch so ausgebildet sein, daß bei der höchsten Betriebsfrequenz das Nebensprechen genügend klein bleibt und daß sich auch die verschiedenen geschirmten Kabel- und Leitungstypen leicht anschließen lassen. Der früher angewandte Behelf, bei normalen ungeschirmten Lötverteilern („Tannenbaumverteiler") nur jede zweite Lötösengruppe zu belegen und die dazwischenliegenden zu erden, verbraucht in den meisten Fällen, vor allem im Gestellkopf, zuviel Platz und genügt der Nebensprechbedin-

gung nicht bis zu den höchsten Betriebsfrequenzen. Bild 11 zeigt eine geschirmte Bauform, die allen Anforderungen bei fertigungstechnisch günstiger Konstruktion entspricht.

Andere Aufgaben bringen die zahlreichen Verbindungsstellen mit sich, die aus Betriebsgründen mit Steckern oder Schaltern hergestellt

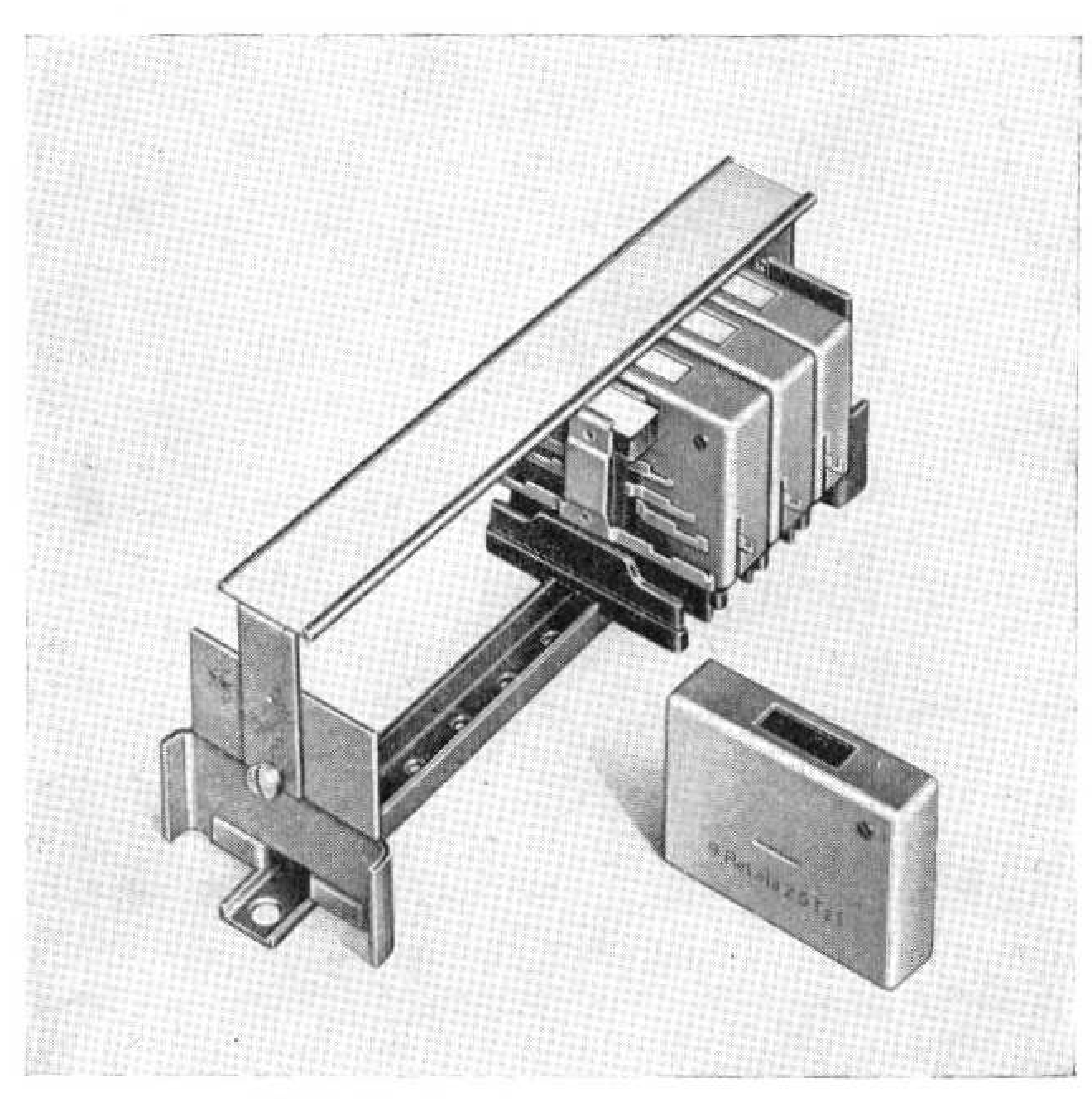


Bild 11. Geschirmter Lötverteiler

werden müssen. In der Trägerfrequenz-Technik hat wegen der gleichzeitigen Benutzung eines Leiters für zahlreiche Sprechverbindungen eine einzige schlechte Kontaktverbindung besonders verhängnisvolle Folgen. Daher muß hier der Kontaktfrage besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Z. B. erweisen sich die in der Vermittlungs- und Niederfrequenzverstärker-Technik herkömmlichen Steckverbindungen nach dem Klinkenprinzip sowie die normalen Fernmeldekippschalter und üblichen Stufenschalter mit Kontaktschleifern aus unedlem Metall nicht als ausreichend; oft befriedigen auch die an sich bewährten Bananen-Steckverbindungen nicht mehr.

Die zu schaltenden sehr kleinen Ströme und Spannungen und die praktische Unmöglichkeit einer Frittung oder sonstigen Wartung machten es erforderlich, das Kontaktproblem näher zu untersuchen. Als erstes wurden die Umschalt-Steckverbindungen für veränderbare Entzerrer verbessert. Die kleinen Federn erhielten versilberte Kontaktflächen und hohen Kontaktdruck und wurden auf ebenfalls versilberte messerförmige Lötösen der Entzerrerbaugruppe aufgesteckt. Sie entsprachen damit be-

reits den Erkenntnissen der Untersuchungen von R. Holm und J. J. Went, die auch bei allen anderen Kontaktfragen der Folgezeit erfolgreich zugrunde gelegt wurden. Die einer Arbeit von J. J. Went (1939) entnommene Kurve in Bild 12 zeigt, daß ein bestimmter Kontaktdruck die Oxydschicht silberner Kontaktoberflächen durchdrückt und einen hinreichend kleinen Kontaktwiderstand wiederherstellt.

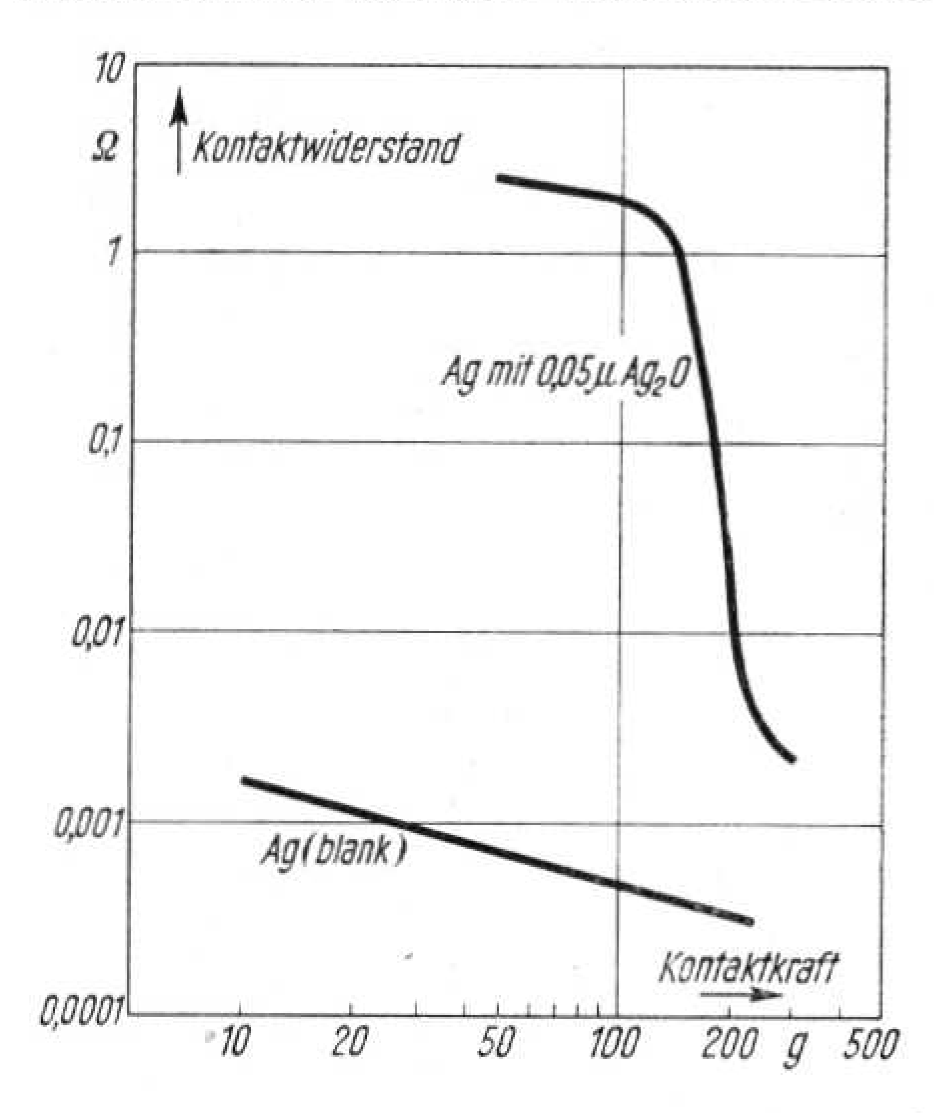


Bild 12. Abhängigkeit des Kontaktwiderstandes vom Kontaktdruck bei Silberkontakten mit einem Überzug von Silberoxyd

Dieser Kontaktdruck kann aber bei Anordnungen mit reibend betätigten Kontakten nur dann mit Erfolg angewendet werden, wenn gleichzeitig eine Kontaktbauform gewählt wird, die geringstmöglichen Abrieb verursacht und damit die unerläßliche Silberschicht lange genug erhält. Meistens ist es zweckmäßig, den Kontaktdruck durch eine zusätzliche Stahlfeder zu erzeugen, wodurch der Kontakt selbst einfacher zu fertigen ist und unter Umständen auch weniger Silber benötigt. Diese Bauform hat sich unter scharfen Versuchsbedingungen, u. a. in Schwefelatmosphäre, außerordentlich bewährt; sie wird für die hochwertigsten Stecker, Schalter und Fassungen verwendet.

Die für die sogenannten Messersteckverbindungen verwendete Kontaktbauform und die damit ausgerüsteten 5- bis 30poligen Steckerleisten zeigt Bild 13. Diese Messer- und Steckerleisten haben auch nach 20 000 Betätigungen nur leichten Abrieb und weisen selbst nach 3 Monaten feuchtwarmen Tropenklimas oder nach Einwirkung von Schwefelwasserstoff keinen höheren Übergangswiderstand als etwa 3,5 mΩ auf. Von den vielseitigen Anwendungen wurden die Einschubgeräte genannt, deren allgemeine Einführung in der Weiterverkehrs-Nachrichtentechnik durch diese zuverlässigen Steckkontakt-Anordnungen überhaupt erst ermöglicht wurde.

Bei koaxialen Steckverbindungen erzeugt die Verschraubung der Kupplung einen hinreichend hohen Druck, so daß zusätzliche Druck-

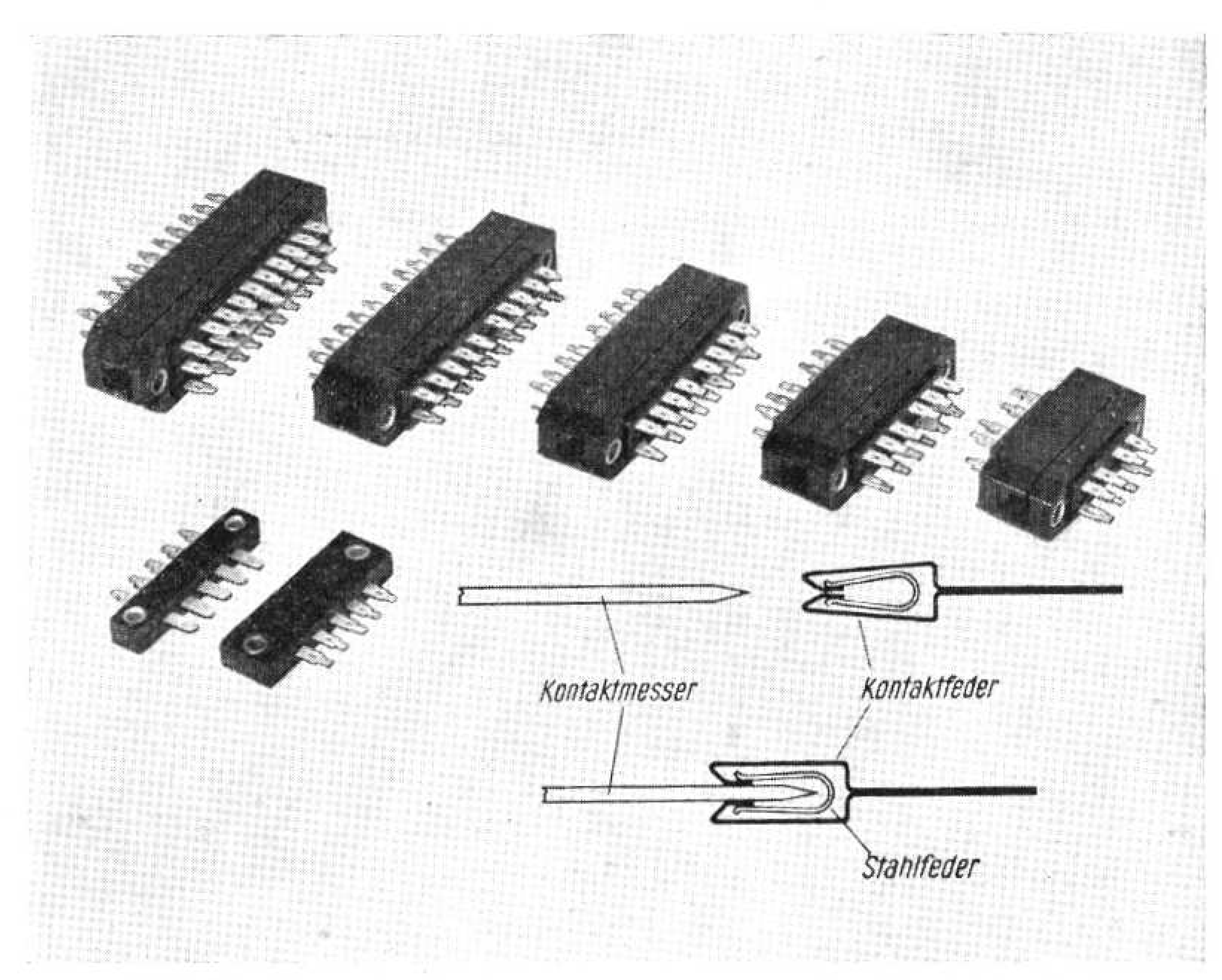
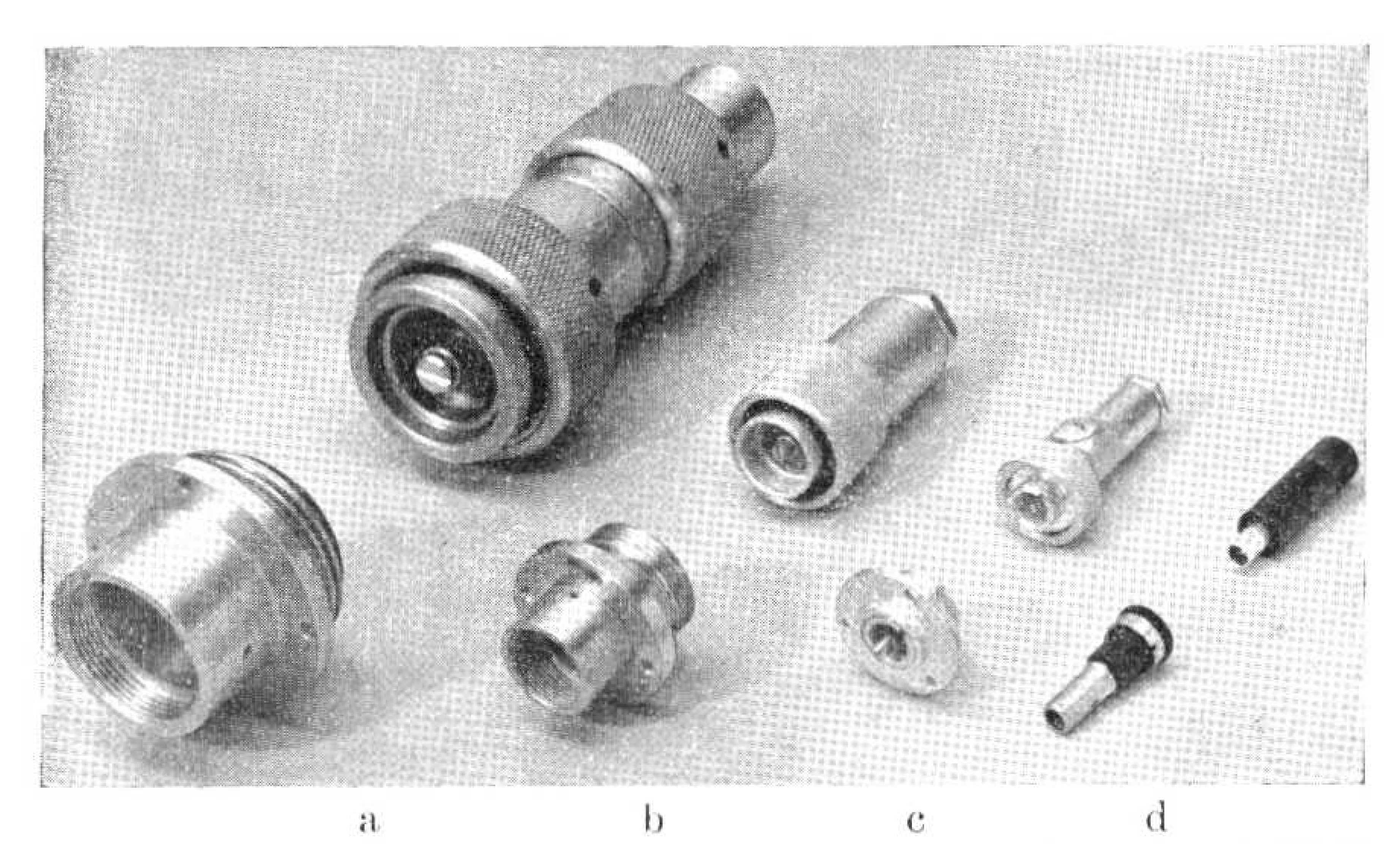


Bild 13. Messerkontakt-Steckerleisten und ihr Kontaktprinzip

federn nicht nötig sind. Lediglich bei der nicht verschraubten kleinsten Baugröße (Bild 14) wird der Kontaktdruck durch die besonders sorgfältig gefertigten Kontaktteile selbst erzeugt, weil zusätzliche Federteile die Scheinwiderstandswerte beeinflussen und damit die Erreichung kleiner Reflexionswerte erschweren würden. Bild 14 zeigt vier gebräuchliche Baugrößen koaxialer Steckverbindungen mit ihren wichtigsten Kennwerten.

Einen besonders merkbaren Fortschritt brachten neue Kontaktbauformen bei Stufenschaltern. Der lange Zeit vorherrschende Aufbau mit Kontaktschleifern aus Bronze-Lamellen, deren Kontaktstirnflächen großen Abrieb verursachen und damit Metallstaub entstehen lassen, erforderte eine Zugänglichkeit der Kontaktbahn zur regelmäßigen Reinigung, was unschöne Konstruktionen ergab. Daneben verführten die unbefriedigenden Kontakteigenschaften zu dem fast erfolglos gebliebenen Weg, die Kontaktflächen und damit die Schalter bis zu unhandlichen Formen zu vergrößern.

Mit Hilfe der neueren Erfahrungen auf dem Kontaktgebiet gelang es, einen kleinen, im Aufbau überdies recht vielfach kombinationsfähigen Stufenschalter mit 26 Schritten zu schaffen, der in der Konstanz seines kleinen Übergangswiderstandes und in seiner Abrieb- und Klimafestigkeit die früheren Formen weit übertrifft. Das Durchmesserverhältnis zwischen diesem und seinem in Meßgeräten verwendeten Vorgänger beträgt etwa 1 : 3. Beim neuen Schalter stellt eine versilberte Kontaktbrücke



<table>
<tr><th></th><th>Typ</th><th>Frequenz-Bereich
etwa bis</th><th>Verwendung</th></tr>
<tr><td>a</td><td>11/30</td><td rowspan="2">3000 MHz</td><td>Sender und Empfänger für Funk- und Fernsehgeräte</td></tr>
<tr><td>b</td><td>6/16</td><td rowspan="2">Funk- und Fernseh-Empfänger, Meßgeräte, Funksender bis 500 MHz</td></tr>
<tr><td>c</td><td>3,5/9,5</td><td>1000 MHz</td></tr>
<tr><td>d</td><td>2,5/6</td><td>100 MHz</td><td>Trägerfrequenz-Amtsanlagen</td></tr>
</table>

Bild 14. Verschiedene Koaxial-Steckverbindungen

die Verbindung zwischen Mittelabnehmer und Stufenkontakt her, während der als Stahlfeder ausgebildete Schaltarm den nötigen Kontaktdruck liefert. Die am meisten beanspruchte Silber-Kontaktfläche der Brücke überstand im Versuch 1,5 Millionen volle Schalterumdrehungen. Der Schalterwiderstand betrug auch nach zweieinhalb Jahren Lagerung in feuchtwarmem Klima unbetätigt nur etwa 6 mΩ und ging nach mehrmaligem Betätigen auf 3,5 mΩ zurück. Bild 15 zeigt drei Beispiele von Aufbauten, davon zwei mit Widerstands- oder Dämpfungsgliedern, ferner Kontaktplatten mit 1 bis 4 Schaltarmen sowie eine keramische Ausführung (links) für besonders verlustarme Schaltungen.

Weitere nach neuen Erfahrungen verbesserte Kontaktbauteile stellen die in Bild 21 Mitte und rechts gezeigten Fassungen für die Weitverkehrs-Röhren dar: mit Flachboden z. B. für die C3e-Röhre und mit Loctal-Sockel z. B. für die C3m- und C3g-Röhre.

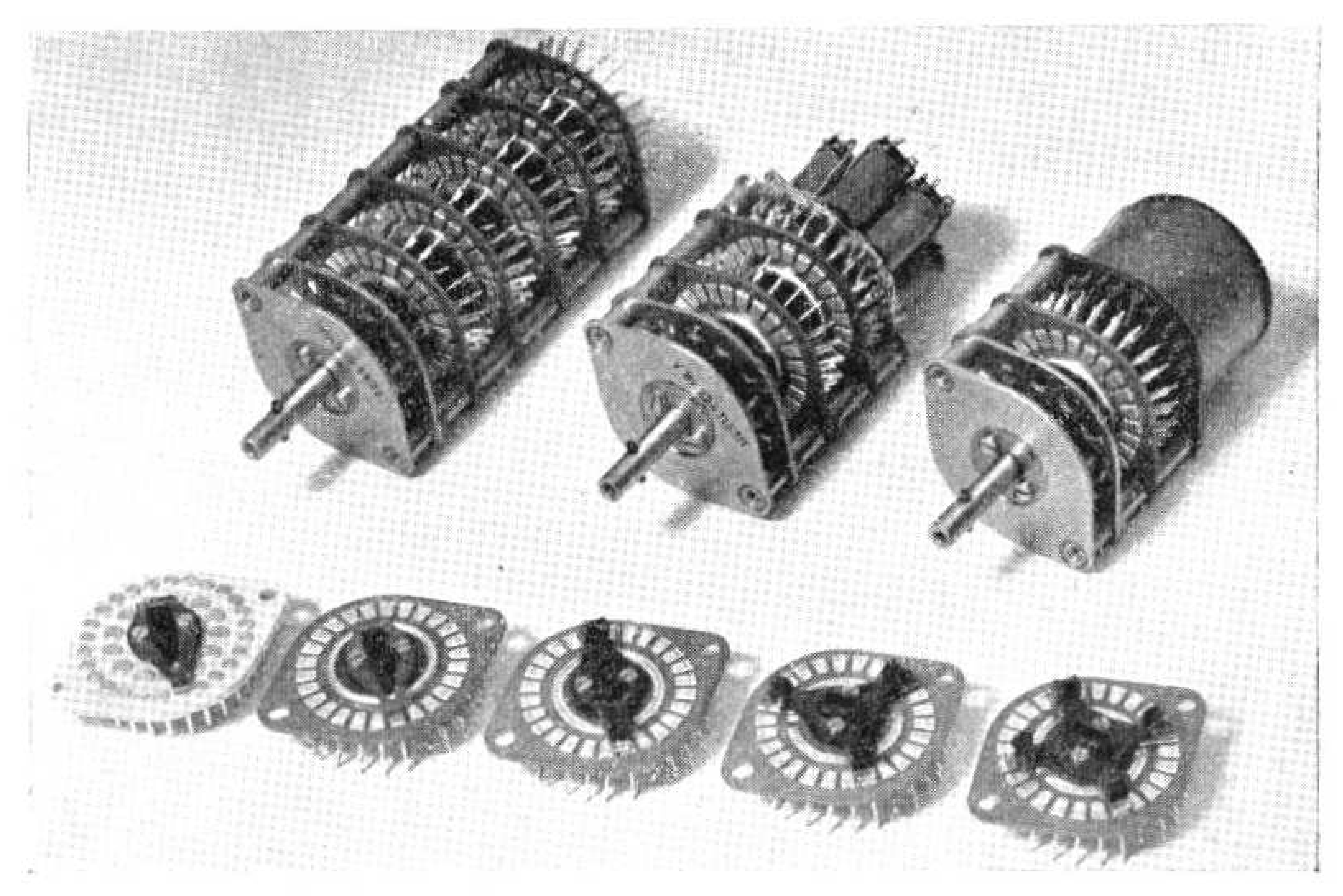


Bild 15. Neuer Stufenschalter, Aufbaukombinationen und Kontaktplatten

Ein typisches Beispiel für die Wechselwirkung zwischen der Bauform des Gerätes und der Bauteile bilden die auf S. 365 erwähnten Überwachungsschienen der Einschubgeräte. Die in den Schienen unterzubringenden Bedienungselemente müssen eine einheitliche, möglichst geringe Bauhöhe aufweisen, da diese die Höhe der Schiene bestimmt und sich

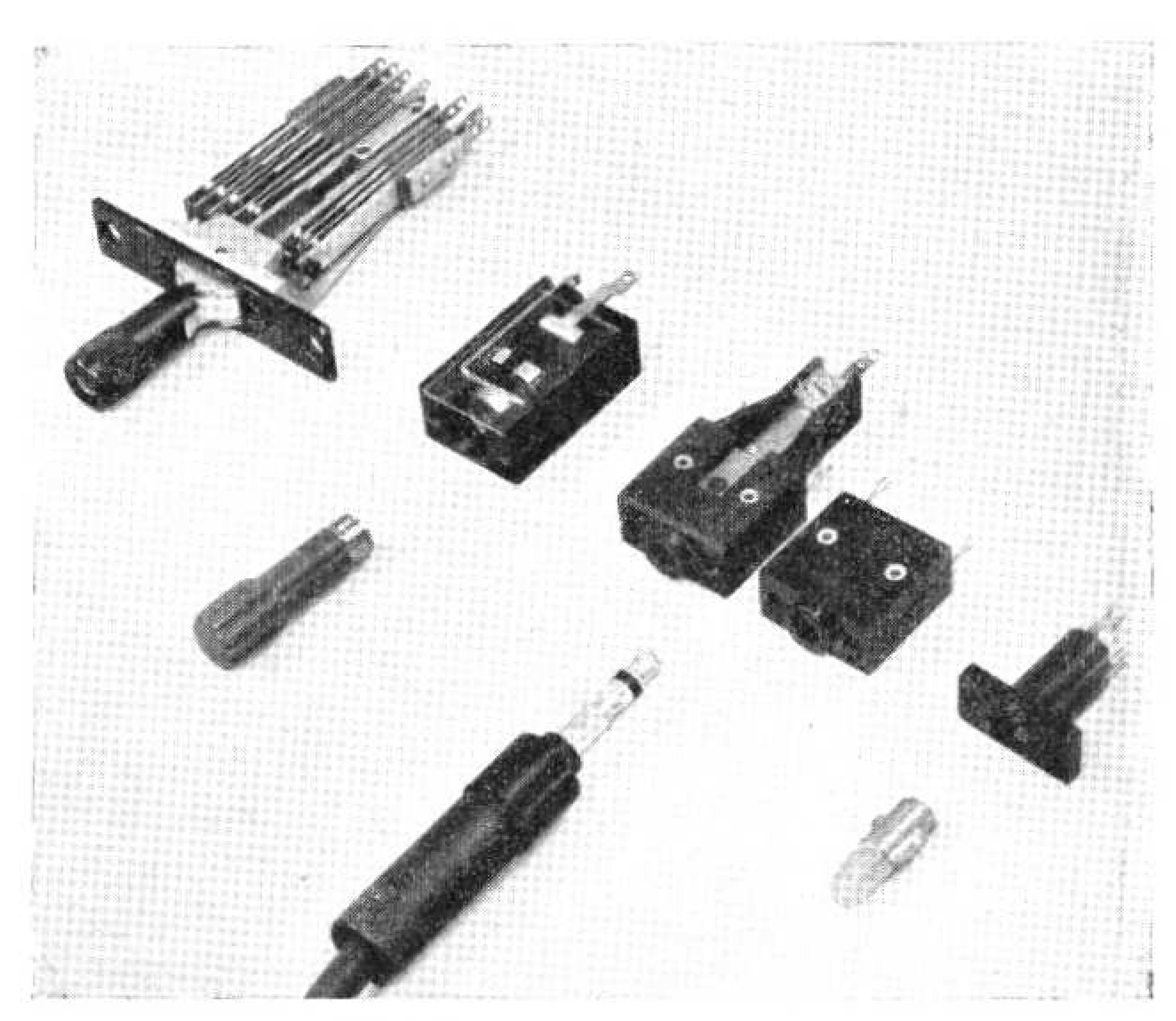


Bild 16. Bedienungselemente
für die Geräteüberwachungsschienen

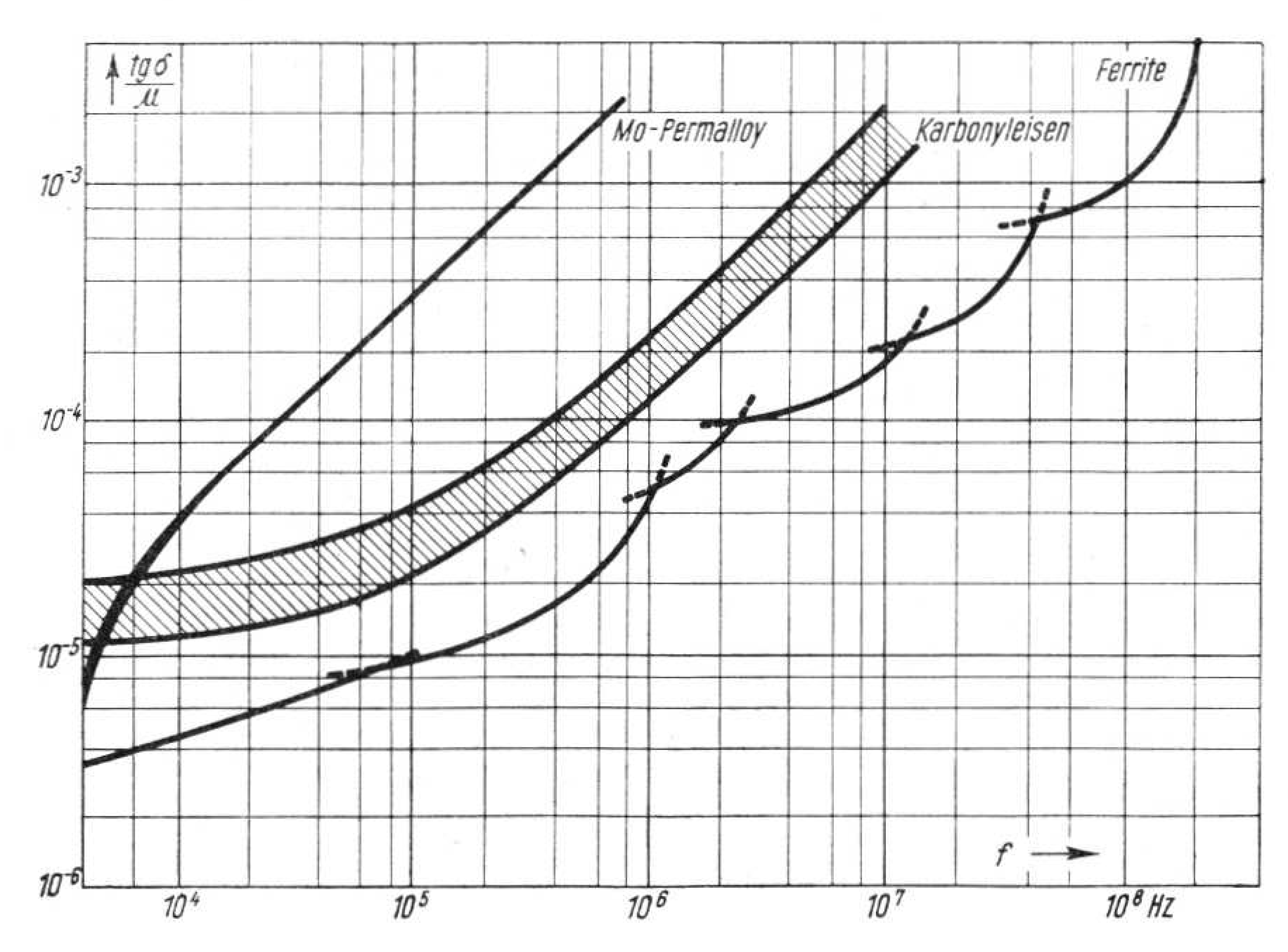


Bild 17. Kernverluste von Permalloy, Karbonyleisen und Ferriten

damit auf die Ausnutzung des Gestells auswirkt. Bild 16 zeigt mehrere Beispiele solcher Bedienungselemente für Überwachungsschienen: links einen Kippschalter, ähnlich der DIN-Ausführung, jedoch mit zwei Kontaktfedersätzen und halber Bauhöhe, daneben einen Sicherungshalter für DIN-Schmelzeinsätze, eine 2polige Buchse in Klinkenart z. B. für Anodenstrom-Kontrolle, mit und ohne zusätzlichen Kontaktfedersatz, und ganz rechts eine Steckfassung für Signallämpchen.

Spulen und Kondensatoren. Die Filter beanspruchen vor allem bei Trägerfrequenz-Einrichtungen einen sehr großen Anteil des gesamten Geräteaufwandes. Ihre Verkleinerung und Verbesserung stehen daher mit im Vordergrund der Entwicklungsaufgaben. Von den beiden Schaltelementen Spule und Kondensator erfordert die Spule den größeren Entwicklungsaufwand, da sie aus physikalischen und technologischen Gründen in viel stärkerem Maße dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt werden muß.

Um Kern und Wicklung einer Spule den verschiedenen, im Laufe der Zeit gestiegenen Forderungen anzupassen, war eine breite physikalische Vorarbeit notwendig. Die heute meist benutzten Ringkernspulen mit den Kernwerkstoffen Karbonyleisen, Sendust und Permalloy reichen wegen ihrer Kern- und Wickelverluste bei höheren Frequenzen in vielen Fällen nicht mehr aus. Für diese Zwecke ergeben Schalenkernspulen einen günstigeren Wicklungsaufbau. Die Schalenkerne enthalten eine

magnetische Scherung zur Herabsetzung der Kernverluste. Man verwendet als Kernwerkstoff Karbonyleisen mit „innerer" Scherung durch beigemengte Isolierstoffe oder Ferrite mit geringerer „innerer" Scherung und zusätzlicher „äußerer" Scherung durch einen Luftspalt im Magnetkreis. In Bild 17 werden Materialeigenschaften verschiedener Kernwerkstoffe in Abhängigkeit von der Frequenz miteinander verglichen. Als charakteristische Größe ist das Verhältnis der Materialverluste $\operatorname{tg} \delta$ zur Permeabilität μ aufgetragen.

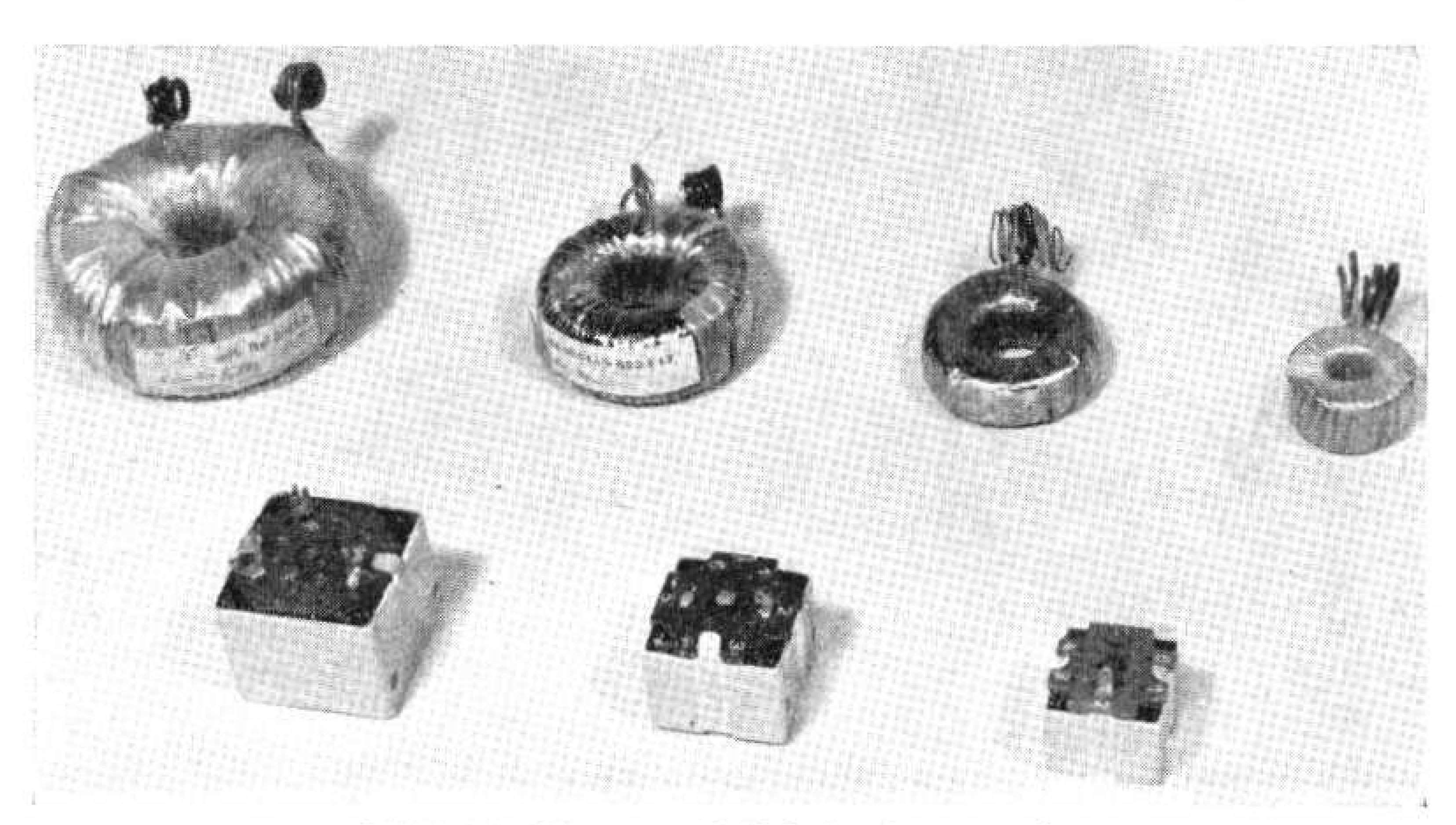


Bild 18. Ring- und Schalenkernspulen

Bild 18 unten bringt eine Reihe von Schalenkernspulen mit Schirmgehäuse, wie sie heute für Filter und auch andere Zwecke verwendet werden. Sie weisen gegenüber ihren Vorgängern auch einige äußere Vorteile für raumsparenden Filteraufbau auf, z. B. rechteckige Gehäuse mit mehrseitiger Befestigungsmöglichkeit und das Fehlen eines herausragenden Gewindeansatzes für den Abgleichkern. Sie werden bevorzugt in Geräten für hohe Frequenzbereiche verwendet. Ferner zeigt Bild 18 oben eine Reihe von Ringkernspulen. Ihre kleinstmögliche Größe wird durch den Stand der Ringwickeltechnik bestimmt.

Die Kondensatoren — als zweites Filterelement — lassen sich zwar leichter den verschiedenen Forderungen anpassen, für die Herstellung verbesserter und verkleinerter Bauformen mußten jedoch ebenfalls neue Verfahren gefunden werden. Die anfangs verwendeten Glimmerkondensatoren erwiesen sich in vielen Fällen als zu aufwendig, die Papierkondensatoren als inkonstant. Abhilfe brachte der inzwischen entwickelte verlustarme Kunstfolien-Kondensator. Es gelang, mit thermisch behandelten („verbackenen") Styroflexwickeln Kondensatoren herzustellen, die einen genügend kleinen Temperaturkoeffizienten und ausreichend zeitliche Konstanz haben. Sie können „auf Wert" gewickelt werden, wodurch der spätere Abgleich weitgehend wegfallen kann. Die verbackenen Wickel erweisen sich außerdem als beständig gegen Feuchtigkeit. Des-

halb können vielfach die Kondensatorengehäuse wegfallen und die Filter entsprechend verkleinert werden. Filter ohne dichtes Gehäuse überstanden mit solchen „Nacktwickeln" mehrere Wintermonate lang die Klima-Einwirkungen in offenen Räumen und eine anschließende Tropen- und Salznebelbehandlung, d. h. ihre Werte änderten sich nur sehr wenig und kehrten zudem rasch wieder auf ihre Ausgangswerte zurück. Bild 19 rechts zeigt einige solcher neuen Kunstfolien-Kondensatoren.

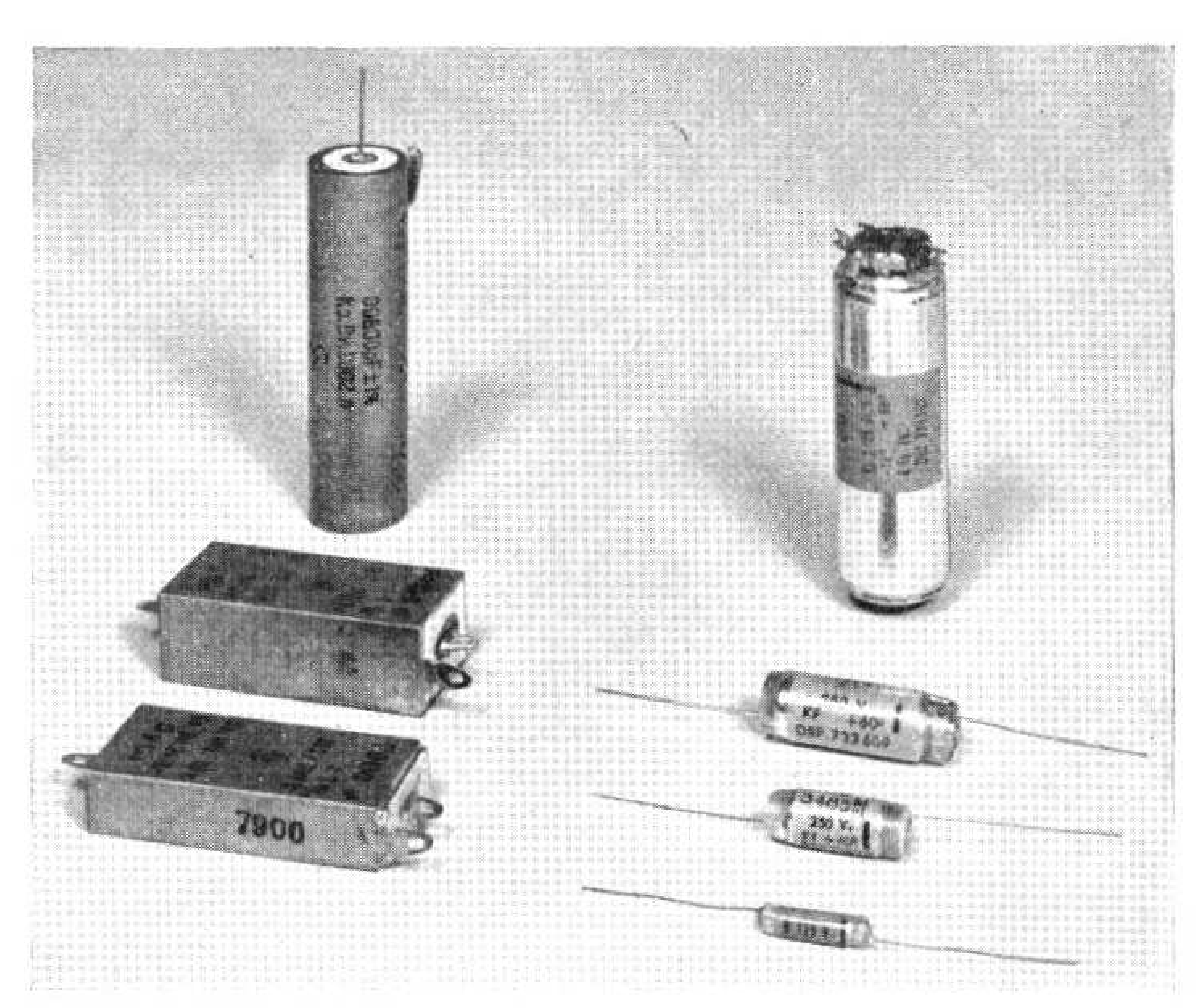


Bild 19. Kunstfolien-Kondensatoren mit Gehäuse und als gehäuselose „Nacktwickel"

B l e c h k e r n ü b e r t r a g e r. Die Eigenschaften der Leitungs-Verstärker hängen neben den Röhren wesentlich von den Übertragern ab. Diese sind kaum noch (wie in der Starkstromtechnik) durch Leistung und Übersetzung gekennzeichnet, sondern sie haben als Eingangs- und Ausgangsübertrager der Leitungsverstärker ein breites Frequenzband mit kleiner und gleichmäßiger Dämpfung zu übertragen. Diese Aufgabe ist im oberen Teil des Frequenzbandes durch die Bestimmung von Blechkern, Wickeldraht und Windungszahl allein nicht zu erfüllen, vielmehr können die hier wirksamen Streuinduktivitäten und Wickelkapazitäten im gewünschten Sinne nur beeinflußt werden durch komplizierteren Wicklungsaufbau, besondere Anordnung von Schirmungen und Isolationen, sowie durch große Sorgfalt bei allen Arbeitsgängen. Diese und andere vielfältige Anforderungen an Blechkernübertrager in der Weitverkehrstechnik und zugehörigen Meßtechnik, z. B. hohe Symmetrie, Konstanz und Spannungsfestigkeit, setzen hochpermeable Kernbleche

und einen mechanisch stabilen Gesamtaufbau voraus. Die in der Starkstromtechnik und später in der Rundfunktechnik entstandenen Übertragertypen reichen für diese Zwecke nicht aus. Daher entstand für Weitverkehrsgeräte eine Sonder-Typenreihe, die auch für andere Aufgaben mit hohen Forderungen benutzt werden.

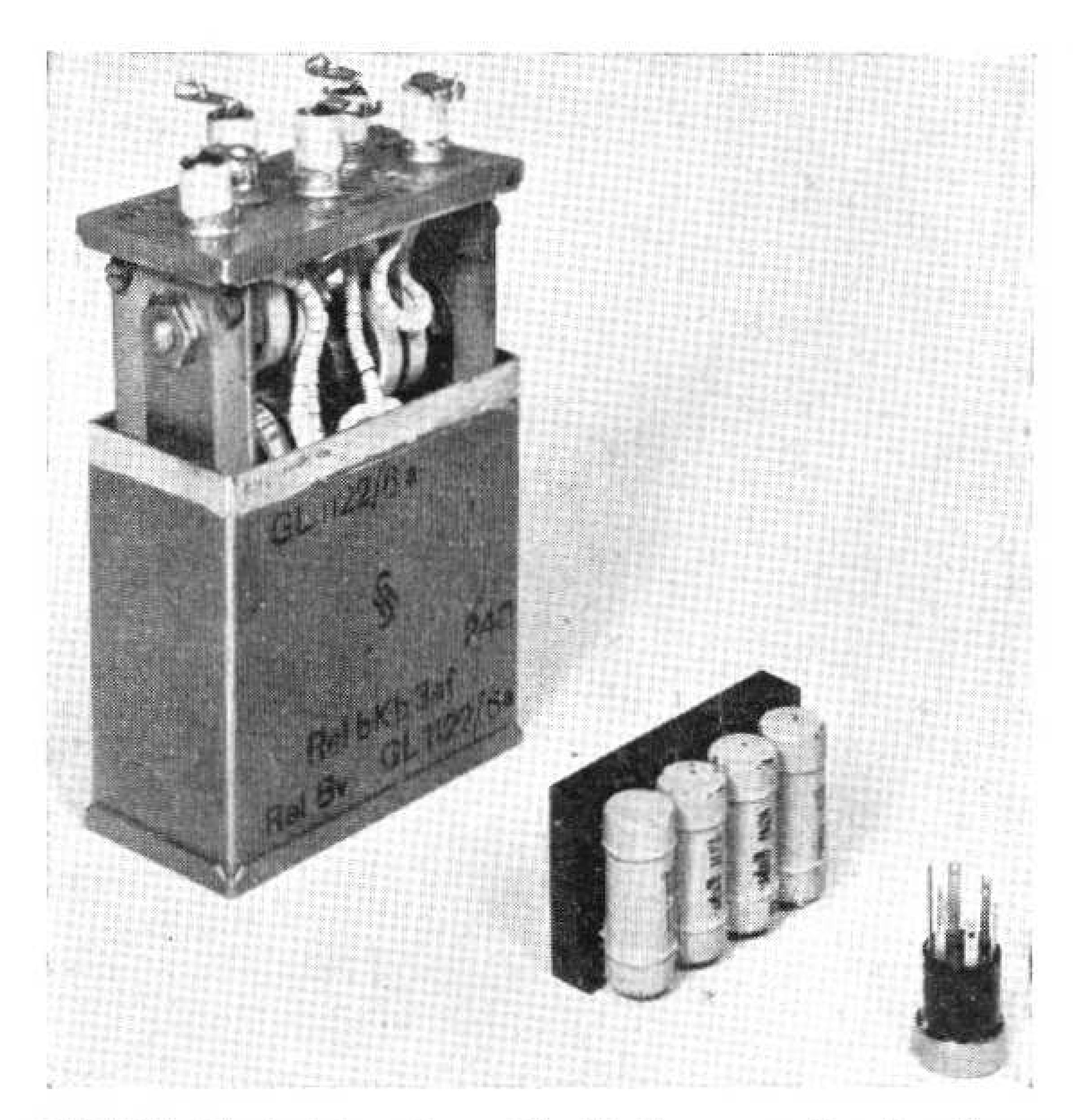


Bild 20. Modulatorringe, Verkleinerung der Bauform

Die äußeren Merkmale sind stabile Isolierstoffrahmen mit dreiseitiger Befestigungsmöglichkeit, die das Blechpaket halten, Lötösenrahmen, die eine definierte und schüttelfeste Verdrahtung erlauben, gepreßte oder gespritzte Wickelkörper mit Kammerunterteilung nach Bedarf sowie verschiedene Schirmanordnungen innerhalb der Wicklung und verlustarme Isolierfolien. Ferner werden in Sonderfällen Schirmgehäuse aus Kupfer oder hochpermeablem Weicheisen verwendet.

Modulatorringe. In Trägerfrequenz-Einrichtungen spielt der Modulatorring, bestehend aus vier Trockengleichrichtern, allein schon durch seine häufige Verwendung eine wichtige Rolle. Bild 20 vergleicht als besonders sinnfälliges Beispiel für die gelungene Verkleinerung von Bauteilen drei Modulatorringe aus Kupferoxydul-Gleichrichtern. Das Baumuster links aus dem Jahre 1935 enthält die vier einzelnen Gleichrichter in einer damals für andere Gleichrichterzwecke üblichen robusten Bauform. Die Gleichrichterscheiben waren zur Kontaktgabe mit einer Graphitschicht belegt und wurden zum Schutz gegen chemische Außeneinflüsse in ein dicht verlötetes Gehäuse eingebaut, wobei Keramikperlen als chemisch nicht aktive Isolierung für die Verbindungsdrähte dienten.

Etwa ab 1938 wurden Scheiben mit geringerem Durchmesser (7 mm) verwendet, die Silberelektroden erhielten und in Keramikröhrchen eingebaut wurden. Die parallele Anordnung dieser Röhrchen auf einem Preßstoffhalter ergab bereits einen erheblichen Gewinn an Raum und Gewicht (mittleres Baumuster). Bei diesem Modulatorring kam man auch mit kleineren Trägerleistungen aus, was sich sehr auf den Aufwand an

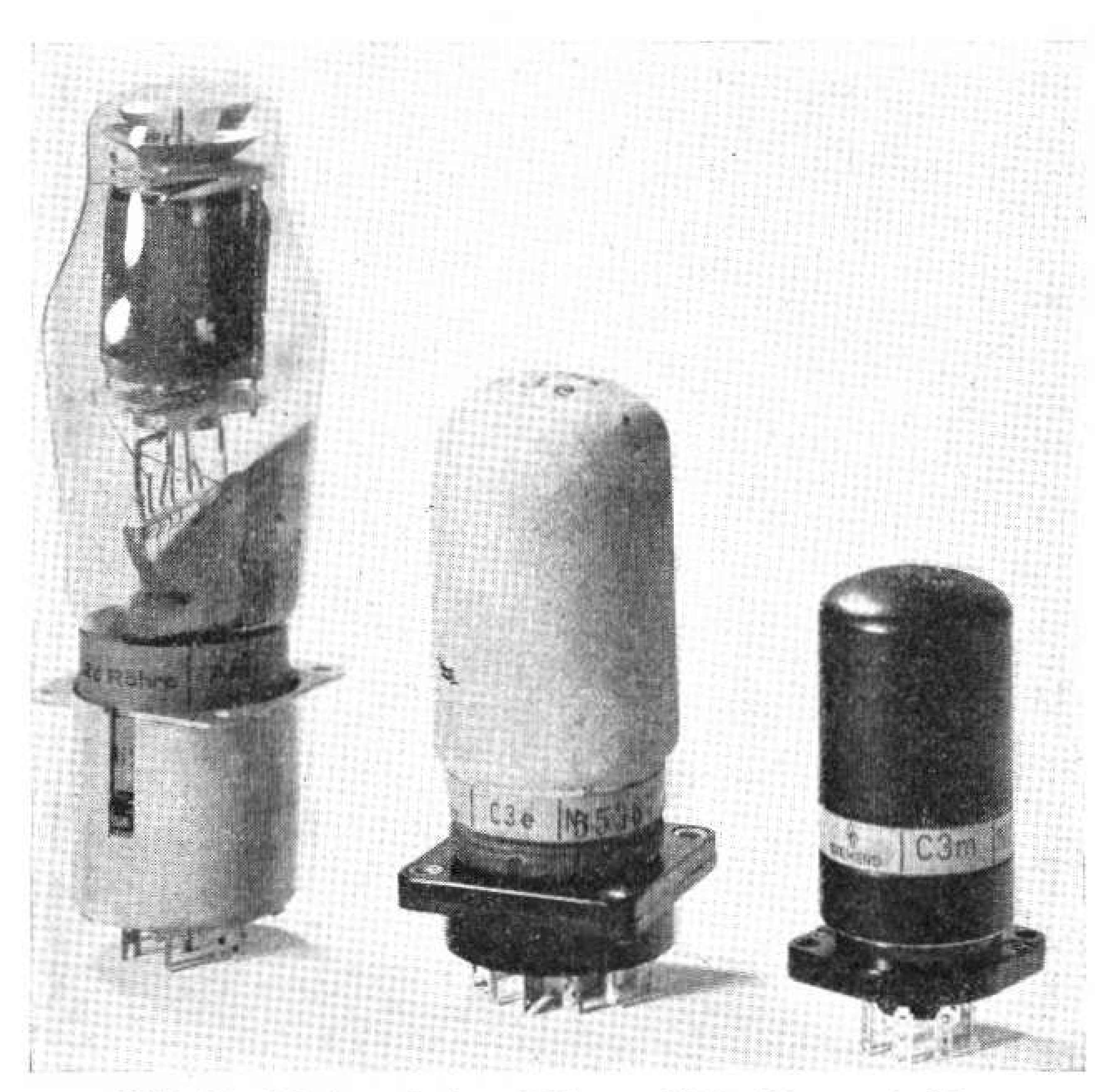


Bild 21. Weitverkehrs-Röhren E2d, C3e und C3m mit ihren Fassungen

Trägerversorgungsgeräten auswirkte. 1944 ging man noch einen Schritt weiter: Die losen Kupferoxydul-Scheiben werden in einem gemeinsamen Preßstoff-Zylinder untergebracht, was einen weiteren Gewinn an Kosten, Raum und Gewicht ergibt (rechtes Baumuster).

Schwingkristalle und Röhren. Die Stabilisierung der Träger- und Pilotfrequenzen und die Trennschärfe besonders kritischer Filter sind mit Schwingkreisen aus Spulen und Kondensatoren nicht mehr oder nur noch mit übermäßigem Aufwand zu erreichen. Dies brachte schon bei den ersten Trägerfrequenz-Systemen die Verwendung der Schwingkristalle mit ihrer hohen Genauigkeit. Neben den Schwingkristallen für Geräte des Zeitmeßwesens, der Akustik, der Medizin usw. entstanden für die Weitverkehrstechnik zahlreiche Sondertypen. Sie sind vor allem gekennzeichnet durch Halterungen und Fassungen mit Löt- oder Steckanschlüssen, die den verschiedenen Schwingungsarten der Kristalle besonders angepaßt sind, da sie die Qualität und Betriebssicherheit dieses Bauteiles wesentlich mitbestimmen.

Auch auf dem Gebiete der Weitverkehrsröhren sind große Fortschritte erzielt worden. So ist z. B. die Entwicklung der Verstärker-Pentoden hier vor allem dadurch gekennzeichnet, daß im stetigen Wechselspiel mit der System- und Geräteplanung die Reihe der benötigten Röhren auf wenige Typen beschränkt werden konnte, ihr Raumbedarf verkleinert und ihre elektrischen Kennwerte verbessert wurden. Die neuen Siemens-Trägerfrequenz- und Niederfrequenz-Einrichtungen kommen dadurch mit einem einzigen Typ, nämlich der Röhre C3m aus; nur das Koaxialsystem V 960 benötigt als zweite Röhrenart in seinen Leitungsverstärkern die Röhre C3g. Die Entwicklung zu kleinerem Raumbedarf der Weitverkehrsröhren, der dem Geräteaufbau sehr zustatten kommt, zeigt Bild 21.

Schlußbetrachtung

Welche Volumenverkleinerung durch ständige Weiterentwicklung im Laufe der Jahre erzielt werden konnte, läßt Bild 22 am Beispiel von Trägerfrequenz-Endeinrichtungen erkennen. Die Verkleinerung ist —

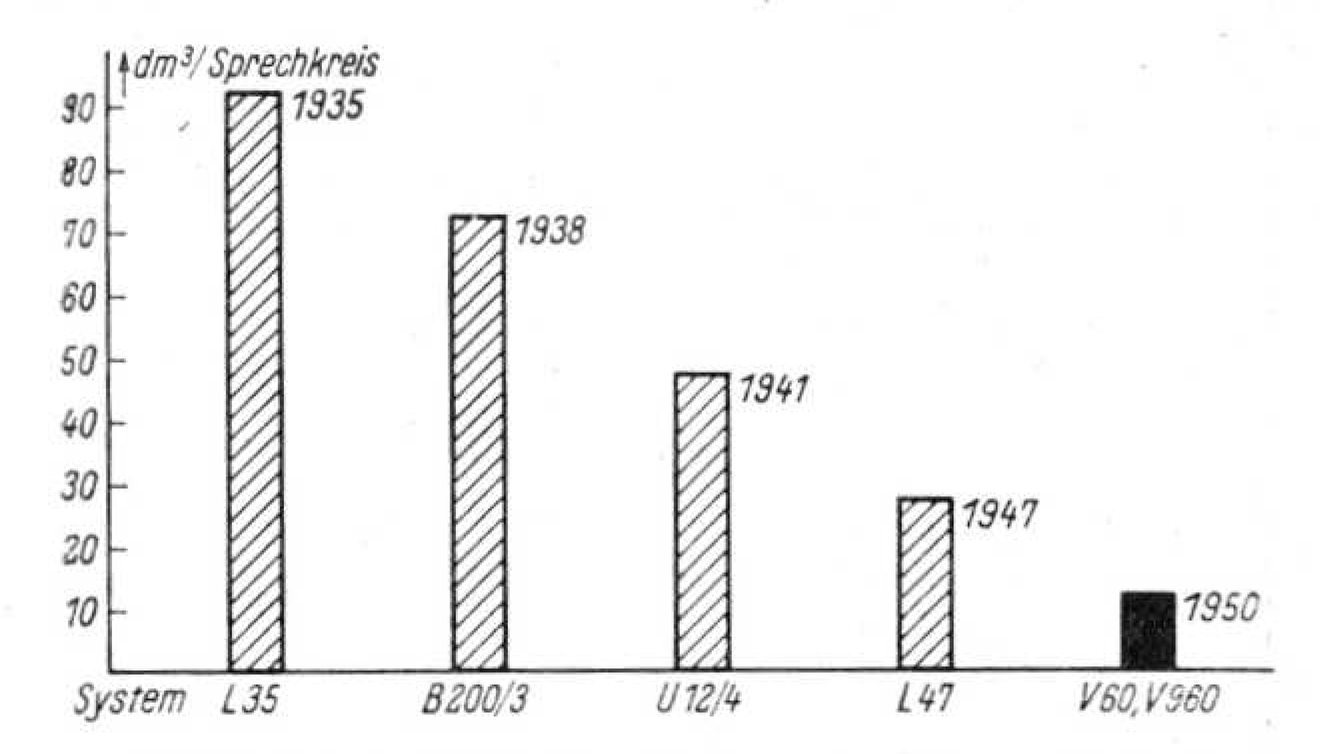
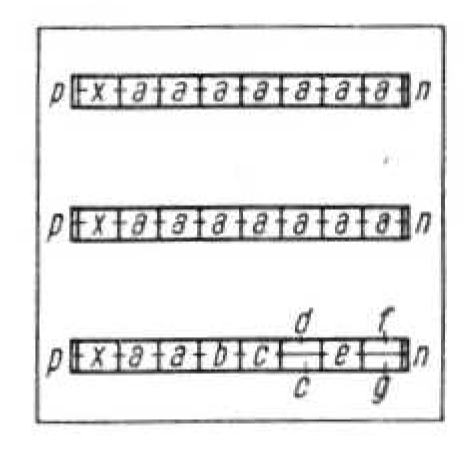


Bild 22. Vergleich des Endgeräte-Volumenbedarfs je Sprechkreis bei einigen Trägerfrequenz-Einrichtungen

die Jahre 1941 bis 1947 ausgenommen — nahezu stetig und hat für vergleichbare Vielkanalsysteme das Endverhältnis von etwa 5 : 1. Die drei ersten Systeme sind das Zweiband-System L 35 für leicht bespulte Kabel, das Breitbandsystem B 200/3 mit 200 Übertragungskanälen für die seit 1936 verlegten Koaxialkabel sowie das Zwölfband-System U 12/4 für unbespulte symmetrische Kabel. Für 1947 ist die Neukonstruktion des Zweiband-Systems zugrundegelegt und für 1950 die auf der Vorgruppentechnik beruhenden Systeme V 60 und V 960 für symmetrische und koaxiale Leitungen mit 60 und 960 Übertragungskanälen. Das anteilige Gewicht der Geräte ist ebenfalls kleiner geworden, wenn auch wegen des erwähnten steigenden Füllungsgrades der Geräte in etwas kleineren Grenzen (etwa 1 : 3).



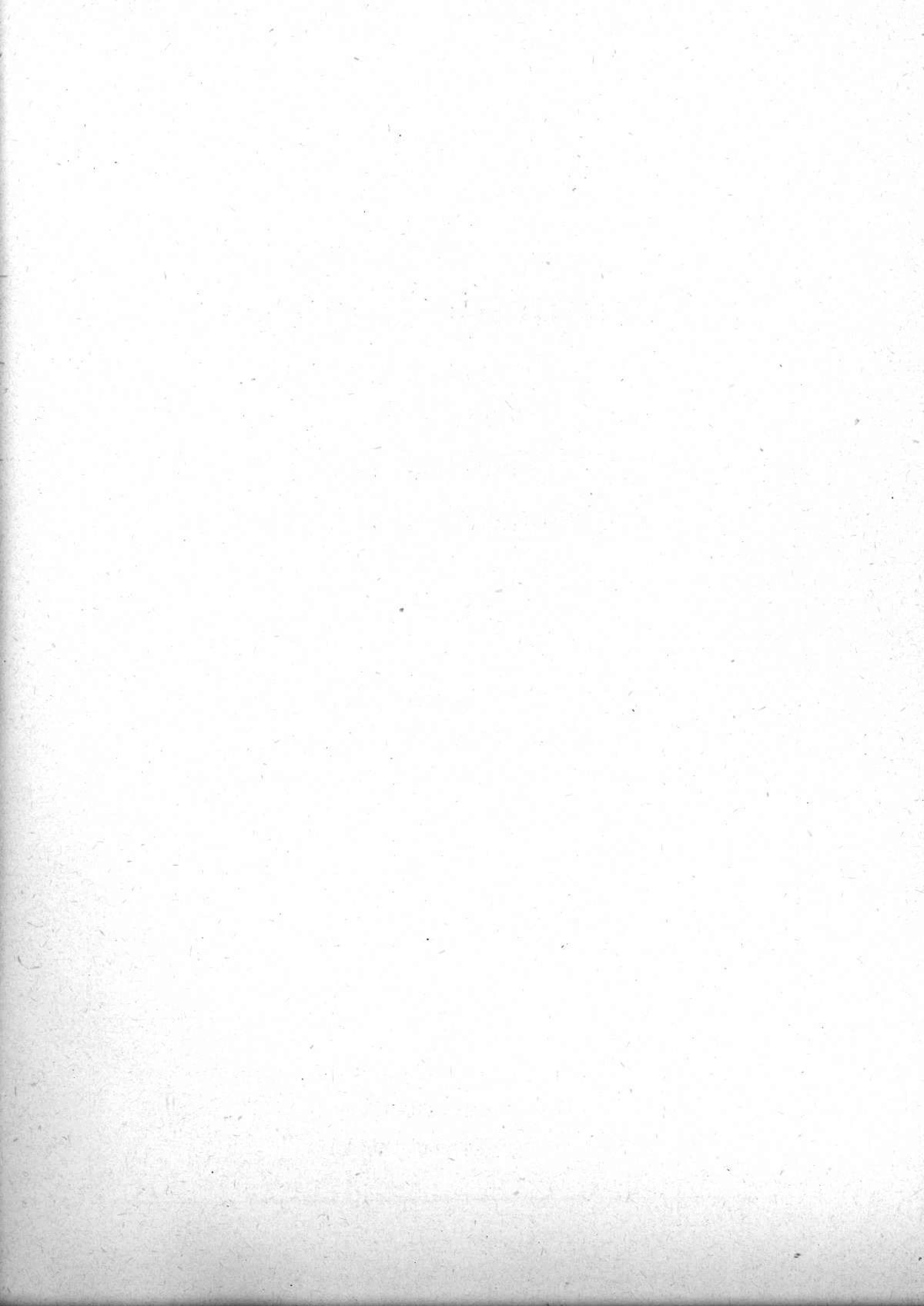
V 960
Schrankbauweise 1950

B 200
Gestellbauweise 1938

a Kanalumsetzer-Gestell
b Verteiler-Gestell (Gruppen- und Übergruppen)
c Gruppenumsetzer-Gestell
d Übergruppenumsetzer-Gestell
e Trägerversorgungs-Gestell
f Leitungsverstärker-Gestell
g Fernspeisungs-Gestell
h Sicherungs-Gestell
k Pegelmeß-Gestell
m Mitzieh-Gestell
n Träger-Verteiler
p Sicherungs- und Signalplatte
x Zusatz-Gestell bei Bedarf (Fernüberwachung und Dienstleitung)

Die Raumersparnisse im Amtsbau durch die geschilderte Gerätetechnik veranschaulicht Bild 23. Es zeigt idealisierte Aufbaupläne von Verstärkerämtern für 960 endigende Sprechkreise, einmal dargestellt durch fünf Breitband-Systeme B 200 und das andere Mal durch ein System V 960. Die tatsächlichen Einsparungen werden entsprechend den jeweiligen Raumverhältnissen und den Betriebserfordernissen von solchen idealisierten Aufbauten abweichen, jedoch in ähnlicher Weise den erzielten Fortschritt zeigen, der sich auf dem Bild etwa als ein Verhältnis 5 : 1 darstellt.

Bild 23. Vergleich des Bodenflächenbedarfs in Endämtern für 960 Fernsprechkreise; links Koaxialsystem B 200, rechts Koaxialsystem V 960



Der Fernmelde-Ingenieur

Zeitschrift für Ausbildung und Fortbildung

Herausgegeben von

Dr.-Ing. E. h. Dipl.-Ing. Karl Herz

7. Jahrgang

Verlag für Wissenschaft und Leben
Georg Heidecker
Windsheim (Mfr.)

Jahrbuch des Postwesens

herausgegeben von

Gerhard Kretschmann

Oberpostdirektor im Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen

Jahrgang 1952

Verlag für Wissenschaft und Leben
Georg Heidecker
Windsheim (Mfr.)

